ANDRZEJ ABŁAMOWICZ

PILOT OBLATYWACZ

AKROBACJA SZYBOWCOWA



WYDAWNICTWO LIGI LOTNICZEJ

BIBLIOTEKA SZYBOWCOWA
LIGI LOTNICZEJ

ANDRZEJ ABŁAMOWICZ
PILOT OBLATYWACZ

AKROBACJA SZYBOWCOWA

WYDAWNICTWO LIGI LOTNICZEJ
WARSZAWA 1953

Redaktor
TADEUSZ REJNIAK

Na zlecenie Ligi Lotniczej
Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej
Warszawa 1953. Wydanie I.

Nakład 3 000 egz. Obj. 4,6 ark. wyd. 5,5 ark. druk.
Papier druk sat VII kl. 60 g. Format 61x86 cm/16.
Oddano do składu 2.06.52. Podpis. do druku 18.04.53.
Druk ukończono 23.04.53. Nr zam. 580 z dn. 2.06.52.
Drukarnia Wydawnictwa MON w Łodzi D-4-10583.

Cena 4 zł 50 gr.

OD WYDAWNICTWA

„Akrobacja szybowcowa" Andrzeja Abłamowicza wypełnia poważną lukę, jaka istniała w naszej rodzimej literaturze lotniczej. Wśród licznych wydawnictw z dziedziny nawigacji, techniki pilotażu i taktyki dokonywania wyczynów szybowcowych brakowało dotąd książki traktującej o akrobacji szybowcowej.

Praca Abłamowicza ujmuje temat w sposób przystępny nawet dla mało zaawansowanych pilotów i jest tym bardziej cenna, że pisze ją szybownik dla szybowników. Książkę tę cechuje duża prostota i bezpośredniość w formułowaniu omawianych zagadnień, taka, jaką znaleźć można w rozmowach pilotów, wymieniających na lotnisku swoje doświadczenia, między jednym a drugim startem.

Autor jest młodym, wyszkolonym całkowicie po wojnie pilotem, który swoje wysokie kwalifikacje szybownika — sportowca wzbogacił poważnym doświadczeniem zawodowej pracy pilota — oblatywacza. Rodzaj tej pracy, w której akrobacja szybowcowa jest „chlebem powszednim", sprawił, że książka Abłamowicza jest żywa, bo oparta na osobistych spostrzeżeniach praktyka, wykonującego opisywane ewolucje codziennie i po wielokroć.

Jest to jedna z głównych zalet tej książki, dzięki której „Akrobacja szybowcowa" Abłamowicza korzystnie odbiega od innych tego rodzaju suchych rozważań teoretycznych.

OD AUTORA

Patrząc na smukłe — ostroskrzydłe sylwetki szybowców krążących bezszelestnie u podstawy cumulusa, trudno nie przyznać, że szybownictwo jest jedną z najpiękniejszych gałęzi sportu. Jak żaden inny rodzaj sportu szybownictwo daje możność swobodnego poruszania się w trójwymiarowej przestrzeni i obcowania z najpotężniejszym, a jakże pięknym żywiołem — powietrzem.

Możność uprawiania tego wspaniałego sportu ma u nas dzisiaj każdy młody Polak i każda młoda Polka, jeśli tylko stan zdrowia nie stoi im na przeszkodzie. Nie zawsze jednak tak było. Sięgnijmy pamięcią wstecz. Ileż to chłopców i dziewcząt patrzyło przed rokiem 1939 z zazdrością na żaglujące pod chmurami lub połyskujące skrzydłami w akrobacji szybowce. Droga do szybownictwa dla wielu z nich była wtedy zamknięta. Szkolenie i pobyt na szybowisku kosztowały dużo. Jeżeli młody entuzjasta lotnictwa nawet te trudności zwalczył, drogą wielu wyrzeczeń i oszczędności zdobył potrzebne fundusze, to też nie miał jeszcze pewności, czy dostanie się na szybowisko. Pierwszeństwo mieli przecież synowie i córki fabrykantów i obszarników.

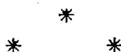
Na szczęście czasy te minęły bezpowrotnie. W Polsce Ludowej o dopuszczeniu do latania szybowcowego decyduje zapał kandydata, jego zdrowie i sumienna praca podczas szkolenia teoretycznego, poprzedzającego praktyczną naukę latania.

Pobyt w ślizgowych, żaglowych i wyczynowych szkołach szybowcowych, jak również treningi w aeroklubach są bez-

płatne. Kosztowny w eksploatacji sprzęt szybowcowy, ogromny tabor wyciągarek, samolotów holujących i sprzętu pomocniczego stoi do stałej dyspozycji szybowników w naszej Ludowej Ojczyźnie.

Troskliwa i czuła opieka, jaką nasz sport szybowcowy otaczany jest stale przez państwo, sprawiła, że szybownictwo nasze zajmuje w tej chwili jedno z pierwszych miejsc w czołówce światowej. Mamy nie tylko doskonałych pilotów, lecz także doskonałe konstrukcje szybowców, które znacznie przewyższają konstrukcje przedwojenne.

Czyż można z naszym dzisiejszym akrobacyjnym „Jastrzębiem" porównywać przedwojenne „CW-7" lub „Sokoła"? Szybowce te nierzadko „rozsypywały się" w powietrzu przy wykonywaniu akrobacji, mimo że były do niej przeznaczone. Dziś akrobację — ten najwyższy dowód zupełnego opanowania sztuki latania — możemy bez obaw wykonywać na polskim „Jastrzębiu", który jest nie tylko doskonałym, ale także absolutnie pewnym i całkowicie bezpiecznym szybowcem akrobacyjnym.



Pisząc tę książkę pragnę wnieść również swój skromny wkład we wspaniały rozwój naszego ludowego sportu szybowcowego. Brak podręcznika akrobacji szybowcowej dawał się mocno odczuwać w naszej powojennej literaturze lotniczej i chociaż w tej chwili mamy już sporo doświadczonych, a całkowicie po wojnie wyszkolonych pilotów — akrobatów szybowcowych, sądzę, że książka ta będzie pomocą dla kolegów, pragnących opanować najwyższy stopień umiejętności pilotażowych, jakim jest akrobacja.

Uważam, że nie ma pilota, który mógłby nauczyć się latać, nie mówiąc już nawet o wykonywaniu akrobacji, tylko na podstawie najbardziej nawet szczegółowego podręcznika. Twierdzę, że akrobację można opanować jedynie siedząc za sterami sa-

molotu czy szybowca. Nie powinno się jednak przystępować do nauki praktycznej bez gruntownego teoretycznego zapoznania się z tematem. Książka ta ma właśnie za zadanie rzucić światło na całość zagadnienia akrobacji szybowcowej, a nie stanowić wskazówki dla umiejących ją już wykonywać pilotów. Dlatego też przy opisie poszczególnych figur starałem się raczej omówić ogólnie ich całość, zamiast dawać szczegółowe recepty ich wykonania.

Szybownicy bardziej zaawansowani będą mogli na podstawie tej książki porównać swoje doświadczenia lotów akrobacyjnych z moimi i ta analiza da również duże korzyści.

* * *

A teraz kilka słów dla tych, którzy jeszcze nigdy nie wykonywali akrobacji lub też opanowali dopiero niektóre jej figury. Radzę im zacząć przede wszystkim od bliższego zapoznania się z akrobacją na dwusterze. Pilot szybowcowy, który wykonał kilka lotów akrobacyjnych z instruktorem, przede wszystkim zapoznał się z wrażeniami w sterowanej beczce oraz lotu odwróconego i ma już niezmiernie uproszczoną drogę do szybkiego opanowania wszystkich pozostałych figur.

Proponuję następującą kolejność szkolenia się w akrobacji. Naukę rozpoczynać powinniśmy od zapoznawczego lotu na dwusterze, w którym instruktor wykonuje przynajmniej po jednej z każdego rodzaju figur wchodzących w program szkolenia. Gdy to już przerobiliśmy, a przede wszystkim przyswoiliśmy sobie wrażenia beczki sterowanej i lotu odwróconego, możemy przystąpić do samodzielnej nauki. Samodzielnie już uczymy się wykonywania pojedynczych figur w takim mniej więcej porządku: korkociąg normalny, ślizg, spirala, pętla, przewrót, ślizg na ogon, wywrót (sterowany i szybki), beczka szybka, beczka sterowana, lot odwrócony, zawrót, pętla odwrócona, korkociąg przekładany i odwrócony.

Po opanowaniu tych figur lub nawet już w trakcie ich opanowywania zaczynamy zwracać uwagę na łączenie poszczególnych ewolucji w pewne, początkowo zupełnie proste wiązanki, od których stopniowo przechodzimy do wiązanek coraz bardziej skomplikowanych. Do całkowitego i absolutnie bezbłędnego przyswojenia ich sobie pozostaje wtedy już tylko intensywny i systematyczny trening.

KILKA SŁÓW O AKROBACJI

ıcja szybowcowa jest to wykonywanie w locie pewślonych figur, w czasie których szybowiec porusza się po liniach krzywych i obraca się dookoła swych osi. Charakterystyczne dla akrobacji jest to, że prędkość lotu i przyśpieszenia ulegają ustawicznym zmianom.

Od dawna przyjęło się dzielić akrobację na tzw. „podstawową" i „pełną". Do akrobacji podstawowej zaliczamy: pętlę, przewrót, spiralę i ślizgi, a akrobację pełną uzupełniają pozostałe figury. Zapewne zdziwi się czytelnik, że nie wymieniłem nigdzie korkociągu. Korkociąg jednak nie jest figurą akrobacji, lecz pewnym stanem lotu, chociaż pokrewne mu figury, jak korkociąg przekładany, padanie liściem i beczkę szybką, która nie jest niczym innym jak „korkociągiem w poziomie", zaliczamy już do akrobacji i to nawet pełnej. Właśnie dlatego zagadnieniu temu zostanie poświęcony osobny rozdział niniejszej książki.

Figury akrobacji możemy również podzielić w zależności od tego, czy występują w nich przyśpieszenia dodatnie, czy ujemne. Figury, w których przyśpieszenia mają zawsze znak dodatni, zaliczamy na ogół do akrobacji podstawowej, pozostałe do akrobacji pełnej, z tym jednak że figury, w których przeważają lub wyłącznie występują przyśpieszenia ujemne, tworzą osobną, jak gdyby podgrupę akrobacji pełnej — akrobację odwróconą. Należeć tu będą: pętla odwrócona, przewrót odwrócony, ósemki w locie odwróconym, zewnętrzna szybka beczka i in. Na pozór mogłoby się wydawać, że wykonywanie akroba-

cji — tych wszystkich „karkołomnych" figur jest bezcelowe, bo przecież nie mają one najczęściej żadnego praktycznego zastosowania. Tak jednak nie jest!

Wykonywanie tych skomplikowanych ewolucji prowadzi do zupełnego opanowania systemu sterowania szybowca i pozwala na prowadzenie go w taki sposób, jak chce pilot.

Akrobacja stwarza przed pilotem możliwość poruszania się w trójwymiarowej przestrzeni, do czego człowiek nie jest na ogół przyzwyczajony, ponadto oswaja go ze zmiennymi — nieraz dużymi — przyśpieszeniami i prędkościami. Umiejętność wykonywania akrobacji prowadzi do opanowania pilotażu szybowca niezależnie od jego położenia w stosunku do ziemi. Z punktu widzenia sportowego jest to źródłem wielu silnych nieraz emocji. Dużo satysfakcji daje pilotowi widok nieba „pod sobą" w locie odwróconym lub konieczność „podniesienia" głowy w celu ujrzenia ziemi. Również silne wrażenie wywierają duże przyśpieszenia dodatnie — lub tym bardziej ujemne. Pod wpływem przyśpieszeń dodatnich uniesienie ręki lub poruszenie nogą sprawia wyraźną trudność. Pilot ma wrażenie, że „coś" go przygniata, policzki obwisają, wyczuwa się wyraźny ucisk na gałki oczne.

Przy przyśpieszeniach ujemnych wrażenia są zupełnie inne. Np. przy odwróconej półpętli w dół, zadziwia początkowo lekkość pilota, która przechodzi w całkiem wyraźne zwisanie na pasach, a w dalszym ciągu w silne „wyrzucanie" go na zewnątrz szybowca, połączone z uczuciem obrzęku twarzy.

Oczywiście wrażenia, jakim ulega pilot pod wpływem przyśpieszeń, są bardzo indywidualne i zależne od wielkości przyśpieszenia. Opisane powyżej dotyczą „przeciętnych" wrażeń człowieka pod działaniem przyśpieszeń rzędu (+ 5) i (— 3) g.

W związku z pojawiającymi się w akrobacji przyśpieszeniami ujemnymi bardzo ważne jest zagadnienie odpowiednich pasów zabezpieczających pilota i odpowiedniego przypasania się nimi.

Na szybowcu akrobacyjnym pasy powinny składać się z 5 części, a nie z 4, jak to się najczęściej spotyka.

Piąty pas ustala odległość zamku łączącego wszystkie pięć pasów od podłogi szybowca i odgrywa zasadniczą rolę w akrobacji odwróconej. Zamek, o którym mowa, powinien być tak skonstruowany, by uniemożliwiał rozpięcie się pasów, a był łatwy i niezawodny w zapinaniu. Ponadto pasy w szybowcu akrobacyjnym powinny pozwalać na regulowanie długości w czasie lotu bez uprzedniego ich rozpinania. Po wykonaniu kilku pierwszych figur wskazane jest dociągnąć jeszcze pasy, gdyż zawsze pojawiają się dodatkowe luzy, przeszkadzające w wykonywaniu dalszych figur. Odpowiadające wszystkim tym wymogom pasy zastosowane są na szybowcu I. S.-4 „Jastrząb".

Przed lotem na akrobację pilot powinien bardzo starannie przypasać się, tak by w pozycji odwróconej „nie odstawać" od siodełka, co odczuwa się bardzo nieprzyjemnie i co znacznie utrudnia pilotaż.

AKROBACJA A SZYBOWIEC

Prawie każdy człowiek wie, że do wykonywania akrobacji służą szybowce akrobacyjne. Natomiast mało kto się orientuje, że na innych szybowcach akrobacji wykonywać nie wolno.

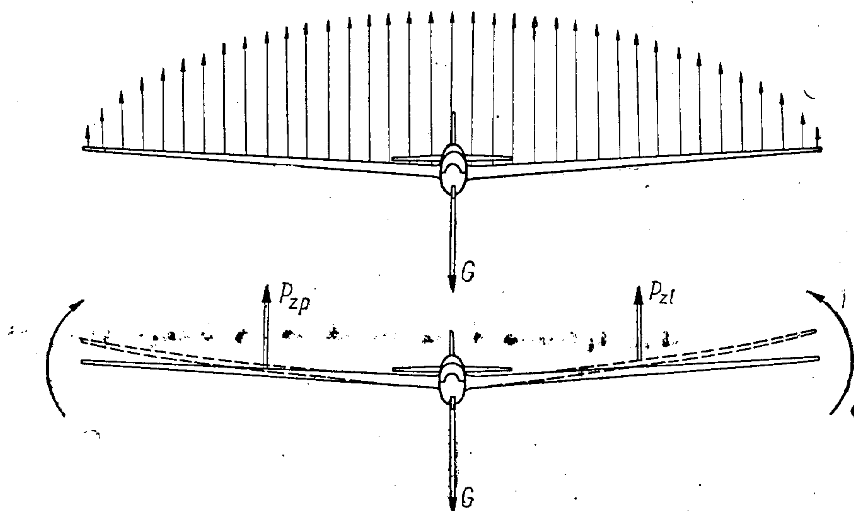
Celem tego rozdziału będzie orientacyjne zapoznanie czytelnika z obciążeniami szybowca w locie, a szczególnie podczas wykonywania akrobacji, i scharakateryzowanie przydatności szybowców do akrobacji zarówno pod względem wytrzymałości, jak i własności lotnych.

W czasie ustalonego lotu, skrzydła szybowca znajdują się pod wpływem obciążenia ciągłego, którego wielkość równa jest ciężarowi szybowca. To obciążenie ciągłe możemy zastąpić przez dwie równe co do wielkości siły. Nazwijmy je Pzl i Pzp (siła nośna lewego i prawego skrzydła). Z równowagi sił w locie ustalonym wynika, że:

$$Pzl + Pzp = G$$

(G — ciężar szybowca w locie)

Te dwie siły działające na ramieniu równym odległości środka parcia skrzydła od środka ciężkości szybowca powodują zginanie skrzydła. Jeśli szybowiec leci po torze krzywym, a więc znajduje się pod wpływem przyśpieszenia *, wtedy siła nośna jest tyle razy większa od ciężaru szybowca, ile wynosi wartość przyśpieszenia.



Rys. 1. Obciążenie skrzydeł w locie powoduje ich zginanie

Zatem obciążenie i zginanie skrzydeł jest znacznie większe. Pod wpływem przyśpieszeń również kadłub ulega zginaniu.

Elementami przenoszącymi zginanie w konstrukcji szybowca są w skrzydłach dźwigary, w kadłubie zaś podłużnice i pokrycie.

Omawiając zginanie skrzydeł warto podkreślić, że dźwigar w czasie zginania pracuje w ten sposób, że jego górny pas jest ściskany, a dolny rozciągany.

---

* Celowo pomijam tu fakt, że bezwładność skrzydeł odejmuje się od wyporu w czasie lotu pod wpływem przyśpieszeń, by nie komplikować zagadnienia rozważanego w zakresie elementarnym.

Jeśli obciążymy szybowiec przyśpieszaniem o ujemnym znaku (lot odwrócony, pętla odwrócona itd.), to odwrotnie: górny dźwigar będzie rozciągany, dolny zaś ściskany.

Ponieważ wytrzymałość drewna na ściskanie jest w przybliżeniu o połowę mniejsza niż na rozciąganie, wynika stąd bardzo ciekawa właściwość drewnianych konstrukcji. Są one prawie o połowę mniej wytrzymałe na przyśpieszenia ujemne niż dodatnie.

Górny pas dźwigara, który w locie normalnym jest ściskany, pracuje przy odwróconym obciążeniu na rozciąganie, co jest zmianą na korzyść konstrukcji. Odwrotnie — dolny pas dźwigara, który był obliczony na rozciąganie, jest teraz ściskany i to właśnie zmniejsza wytrzymałość szybowca na ujemne przyśpieszenia.

W związku z tym, jeśli współczynnik obciążenia dopuszczalnego (liczbowo równy wielkości dopuszczalnego przyspieszenia) naszego szybowca wynosi $m = 6$, to wykonanie normalnej pętli z przyspieszeniami dodatnimi rzędu 3 g stanowić będzie dopiero połowę dopuszczalnego przeciążenia szybowca. Natomiast wykonanie pętli odwróconej (przyspieszenie około — 3 g) będzie połączone z obciążeniem konstrukcji szybowca do dopuszczalnej granicy.

O obciążeniu konstrukcji zginaniem orientuje się pilot oceniając występujące przyśpieszenia, których miernikiem przy braku przyspieszeniomierza jest wielkość „wtłaczania" pilota w siodełko lub „zawisania na pasach" (przy przyspieszeniu ujemnym).

Znacznie gorzej przedstawia się sprawa z oceną wielkości skręcania konstrukcji, gdyż pilot nie potrafi tego odczuć.

Skręcanie konstrukcji najsilniej występuje w locie nurkowym (skręcane są skrzydła), w szybkiej beczce (skręcane są skrzydła i kadłub) i przy energicznym wychyleniu steru kierunkowego (kadłub).

Elementami przenoszącymi skręcanie są w skrzydle keson i okucia, w kadłubie zaś krata przestrzenna utworzona przez

wręgi i podłużnice lub skorupa (jeśli kadłub jest konstrukcji skorupowej).

Ponadto w locie nurkowym występuje zginanie skrzydła od sił stycznych.

Jak wynika z powyższego pobieżnego omówienia warunków wytrzymałości szybowca, konstrukcja jego jest narażona na pewne obciążenia. Obciążenia te są znacznie większe podczas wykonywania akrobacji niż w locie normalnym. Tłumaczy się to ustawicznymi zmianami kierunku lotu, a więc istnieniem przyśpieszeń oraz dużymi prędkościami lotu, z jakimi często mamy do czynienia podczas wykonywania akrobacji.

Pod względem sterowności szybowiec akrobacyjny powinien być „czulszy" niż każdy inny typ szybowca. „Czułością" nazywamy skuteczność sterów oraz małą wielkość sił potrzebnych do manewrowania nimi. Pod tym względem nie różni się on znacznie od przeciętnego szybowca wyczynowego poza lepszą na ogół skutecznością lotek.

Jak więc widać, rodzaj obciążeń, jakim podlega szybowiec akrobacyjny, nie różni się wcale od tych, którym podlegają wszystkie inne typy szybowców. Wielkości ich są jednak większe.

Dla wyjaśnienia można dodać, że współczynniki wytrzymałościowe szybowców w ogóle są na tyle duże, że każdy wyczynowo-treningowy czy też szkolny szybowiec mógłby wykonać pełen program akrobacji wyłączając jedynie akrobację odwróconą.

Oczywiście musiałaby to być akrobacja absolutnie prawidłowa, gdyż w razie popełnienia błędu wytrzymałość szybowca mogłaby okazać się niewystarczająca.

Tym też tłumaczy się zakaz wykonywania akrobacji na niektórych typach szybowców w ogóle i ograniczania wykonywania jej do „podstawowej" — dla innych typów szybowców.

Rozumny i zdyscyplinowany pilot nie będzie dla własnej fantazji narażał siebie i szybowca poddając go zbyt dużym, jak na jego możliwości, obciążeniom.

Najlepiej i najbezpieczniej jest wykonywać akrobację na specjalnie do tego celu skonstruowanych i zbudowanych szybowcach akrobacyjnych.

Ponadto należy pamiętać o tym, iż wykonywanie akrobacji na zbyt małych wysokościach jest zabronione. Przepisu tego trzeba bezwarunkowo przestrzegać, gdyż ustalono go w trosce o życie pilota.

Błąd pilotażowy może się zdarzyć każdemu i z chwilą gdy ma to miejsce na bezpiecznej wysokości, powoduje tylko zniekształcenie wykonywanej ewolucji. Natomiast nisko nad ziemią może być przyczyną poważnego wypadku.

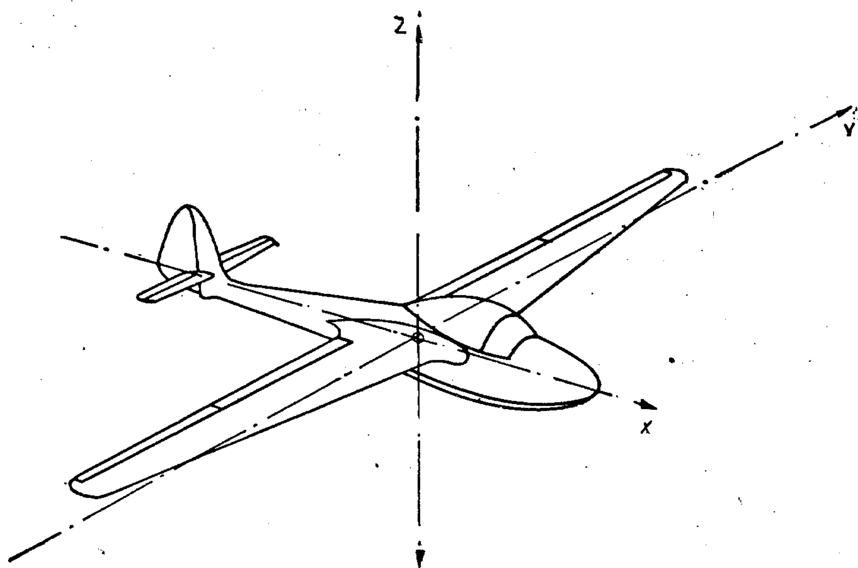
DZIAŁANIE STERÓW

Akrobacja, która jest ustawiczną zmianą kierunku i prędkości lotu, wymaga od nas stałego sterowania szybowcem. Abyśmy mogli swobodnie poruszać się w trójwymiarowej przestrzeni, musimy przy założeniu postępowej prędkości szybowca mieć możność wykonywania nim obrotów dookoła jego trzech wzajemnie prostopadłych osi.

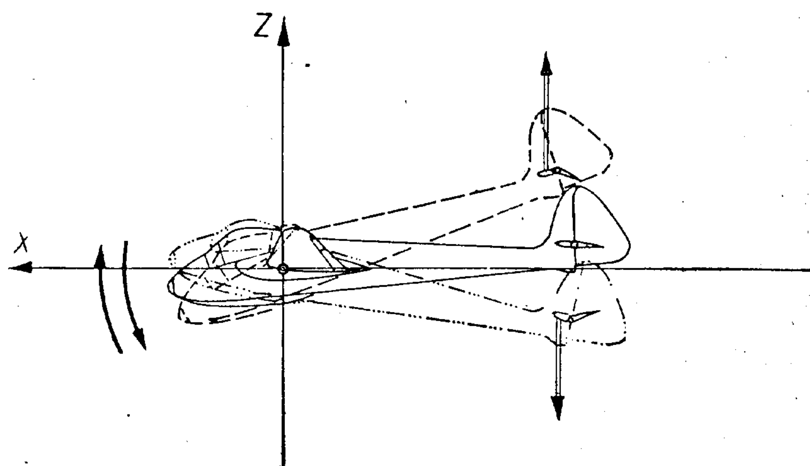
Możliwość tę dają nam stery. Zasada działania wszystkich sterów jest jednakowa. Ster wychyleniem swoim zmienia profil usterzenia powodując tym samym zmianę wielkości siły aerodynamicznej powstałej na nim, co w wyniku daje dodatkowy moment powodujący obrót szybowca dookoła jednej ze swych osi.

Przed kolejnym omówieniem zasady działania sterów zróbmy jeszcze jedno ogólne założenie: przez środek ciężkości naszego szybowca poprowadźmy układ współrzędnych prostokątnych X, Y, Z, nazywając X — podłużną, Y — poprzeczną, Z zaś — pionową osią szybowca.

Zmiana wielkości siły aerodynamicznej powstającej na usterzeniu wysokości wywołuje pojawienie się momentu, pod wpływem którego szybowiec wykonuje obrót dookoła osi Y.



Rys. 2. Przez środek ciężkości naszego szybowca prowadzimy układ współrzędnych prostokątnych, będących jego osiami



Rys. 3. Wychylenie steru wysokości zmienia moment względem osi y powodując pochylenie się szybowca

Jeżeli w ustalonym* locie ściągniemy drążek sterowy „na siebie", ster wysokości wychyli się w górę, a na usterzeniu pojawi się siła dająca dodatni moment względem środka ciężkości szybowca. Moment ten spowoduje zadzieranie przodu szybowca w górę. Jest to jednoznaczne z przejściem na większe kąty natarcia.

Odwrotnie — „oddanie" drążka, czyli wychylenie steru w dół, da ujemny moment pochylający przód szybowca, a tym samym przejście na mniejsze kąty natarcia.

Należy pamiętać, że skutki działania sterów rozpatrujemy względem układu osi związanych z szybowcem, wzajemnie prostopadłych, przechodzących przez jego środek ciężkości. W pierwszej chwili może się nam to wydać niepotrzebnym utrudnieniem, jednak w dalszym toku omawiania akrobacji pozwoli nam na łatwiejsze zrozumienie mechaniki wykonywania lotów i figur odwróconych, nie prowadząc do konieczności posługiwania się przestrzałą i bardzo skomplikowaną teorią „zamiany sterów".

Zapamiętajmy więc: wychylenie steru wysokości daje obrót szybowca dookoła jego osi poprzecznej, powodując zmianę kąta natarcia. Zwiększona lub zmniejszona w ten sposób siła nośna powoduje zakrzywienie toru lotu w płaszczyźnie wyznaczonej przez osie X Z (płaszczyzna ta jest pionowa jedynie pod warunkiem normalnego lotu bez przechyleń).

I jeszcze jedna uwaga odnośnie działania steru wysokości. Ster wychylony gwałtownym ruchem spowoduje tak szybkie przejście na duże kąty natarcia**, że szybowiec nie zdąży zmienić toru lotu. Jeśli zostanie przy tym przekroczona wielkość krytycznego kąta natarcia — szybowiec ulegnie przeciągnięciu. Jak z tego widać, przeciągnięcie zależy jedynie od kąta natarcia, a nie prędkości lotu. Zagadnienie to zostało opisane dokładniej w rozdziale pt. „Korkociąg".

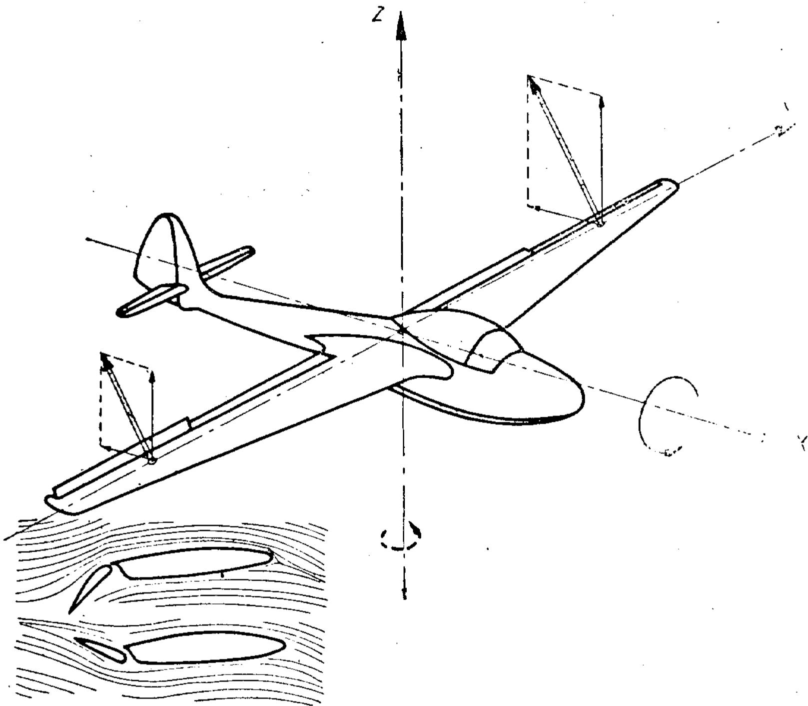
---

* Ustalonym lotem nazywamy lot prostoliniowy przy stałej prędkości. W takim locie suma sił i momentów działających na szybowiec równa się zeru.

** Duże dodatnie kąty natarcia, jeśli drążek ściągnęliśmy, a ujemne, jeśli go „oddaliśmy".

*
* *

Działanie steru kierunkowego jest analogiczne do działania steru wysokości. Różnica polega jedynie na tym, że powoduje on swym wychyleniem obrót szybowca dookoła osi $Z — Z$



Rys. 4. Wychylenie lotki poprzez zmianę profilu końców skrzydeł powoduje powstanie różnych wyporów na prawym i lewym skrzydle, wskutek czego szybowiec przechyla się

(pionowej). W akrobacji odgrywa on większą rolę przy wykonywaniu korkociągu, beczek i ślizgów. Poza tym zadaniem jego jest uzupełnienie wychyleń lotek w zakrętach i usuwanie momentów zakłócających równowagę dookoła osi $Z — Z$, powstałych wskutek wychylenia lotek.

*
* *

Zasada działania lotek jest taka sama jak i pozostałych sterów. Rolę statecznika spełnia ta część skrzydła, do której jest zamocowana lotka. Jeżeli przechylimy drążek na bok, spowoduje to wychylenie jednej lotki do góry (co zmniejsza kąt natarcia tej partii skrzydła), a drugiej na dół (wychylenie na dół zwiększa kąt natarcia). W rezultacie siła nośna na stronie skrzydła, po której lotka wychylona jest w górę, ulegnie zmniejszeniu, na stronie zaś przeciwnej — powiększeniu. Taki rozkład sił warunkuje powstanie momentu dążącego do obrotu szybowca dookoła osi X — X (podłużnej).

Oprócz powstawania momentu obracającego szybowiec dookoła osi X — X, wychylenie lotek powoduje również pewien niewielki obrót dookoła osi Z — Z. Obrót ten powstaje na skutek różnicy oporów towarzyszących wychyleniu lotek. Skrzydło będące na większym kącie natarcia (z opuszczoną lotką) stawia większy opór niż skrzydło, którego kąt natarcia jest mniejszy (lotka uniesiona). Temu niepożądanemu momentowi przeciwdziałamy wychyleniem steru kierunkowego.

Wyżej opisana sytuacja dotyczy szybowca wyposażonego w lotki zwykłe, w odróżnieniu od lotek zróżnicowanych lub tzw. lotek Frisego, których zastosowanie zapobiega powstawaniu momentu wywołującego obrót szybowca dookoła osi Z — Z.

KORKOCIĄG

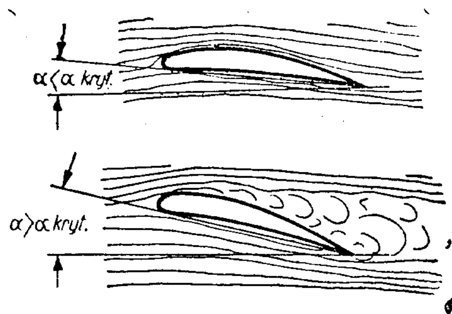
W pionierskich latach lotnictwa, mniej więcej wtedy, kiedy rosyjski pilot Piotr Niestierow wykonał pierwszą w świecie pętlę, największym niebezpieczeństwem dla pilotów był korkociąg. W czasie pierwszej wojny światowej straty bojowe wśród lotników niewiele tylko przewyższały ilość pilotów, którzy stracili życie przez korkociąg.

Problem ten został jednak rozwiązany. Korkociąg przestał być straszny. Pierwszym pilotem, który celowo wprowadził

samolot w korkociąg i potrafił z niego wyprowadzić, był Konstanty Arceułow.

Dzisiaj korkociąg nie jest już niebezpiecznym stanem lotu, lecz przeciwnie — bywa stosowany w wielu sytuacjach jako normalny manewr pilotażowy. Wykonywanie korkociągu wymaga jednak od pilota dokładnej teoretycznej znajomości tego zjawiska aerodynamicznego i dlatego zazpoznamy się przede wszystkim z przyczyną jego powstawania.

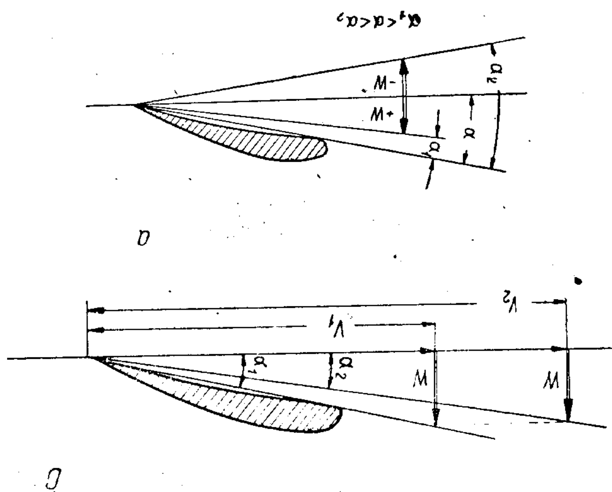
Jeżeli szybowiec nasz będziemy doprowadzali powolnym wychylaniem steru wysokości do coraz to większych kątów natarcia, czemu towarzyszy malejąca prędkość, to w pewnym momencie, mimo dalszego wychylenia steru wysokości, szybowiec nie zmniejszy już prędkości lotu, lecz opuści przód — „przepadnie" i dopiero po ponownym rozpędzeniu, znów zacznie zmniejszać prędkość. Mówimy wtedy, że przeciągnęliśmy szybowiec. Co to znaczy? Dlaczego pochylił się on w przód mimo ściągnięcia drążka „na siebie"? Rzecz jest zupełnie prosta. — Przekroczyliśmy krytyczny kąt natarcia skrzydeł. Opływ ich przez strugi powietrza został zakłócony, czyli jak mówimy, nastąpiło oderwanie strug i w związku z tym wielkość siły nośnej gwałtownie spadła. To spowodowało przepadnięcie szybowca. Zapamiętajmy to dobrze: przy przeciągnięciu statycznym, jak opisano powyżej przekroczenie krytycznego kąta natarcia było połączone ze spadkiem prędkości. Nie zawsze jednak tak jest. Przeciągnięcie szybowca może nastąpić na każdej prędkości. Zależy ono jedynie od kąta natarcia.



Rys. 5. Zbyt duży kąt natarcia α powoduje nieregularny opływ (oderwanie strug), co połączone jest z gwałtownym spadkiem wyporu

Przeciągnięcie na prędkości większej od minimalnej nazywamy dynamicznym. Przy szybkim wychyleniu steru wysokości szybowiec przechodzi na duże kąty natarcia, nie zmieniając przy tym toru lotu i... ulega przeciągnięciu.

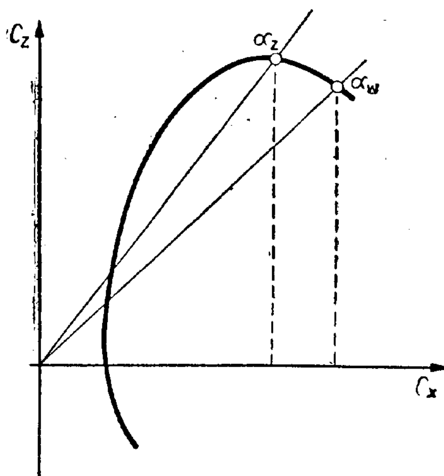
Ale zapytacie zapewne, co to ma wspólnego z korkociągiem? — Zaraz to sobie wyjaśnimy. W tym celu musimy wyobrazić sobie, że z jakiegokolwiek powodu oderwanie strug wystąpiło na jednym skrzydle nieco wcześniej. Skrzydło to znalazło się więc nagle pod działaniem zmniejszonej siły nośnej, a tym samym zaczęło się „zapadać" w dół. Wskutek zwiększonej prędkości opadania kąt natarcia tego skrzydła jeszcze się po-



Rys. 6. *a* i *b*. Zmiany prędkości pionowej powodują zwiększenie lub zmniejszenie kąta natarcia. Również taki sam skutek ma zmiana prędkości postępowej przy stałej prędkości pionowej

większył, powodując dalszy spadek siły nośnej i przyrost oporu. W wyniku tego nasz szybowiec przechyla się coraz bardziej, i pochylając się zaczyna się obracać, gdyż opór wewnętrznego skrzydła jest większy niż skrzydła zewnętrznego, co daje moment obrotowy. Jak więc widzimy, zapoczątkowane zjawisko nie tylko nie ustaje, ale początkowo przybiera nawet na sile,

by po kilku obrotach szybowca ustalić się. Zjawisko to nazywa się autorotacyjnym obrotem i w naszym wypadku nie jest niczym innym jak właśnie korkociągiem.

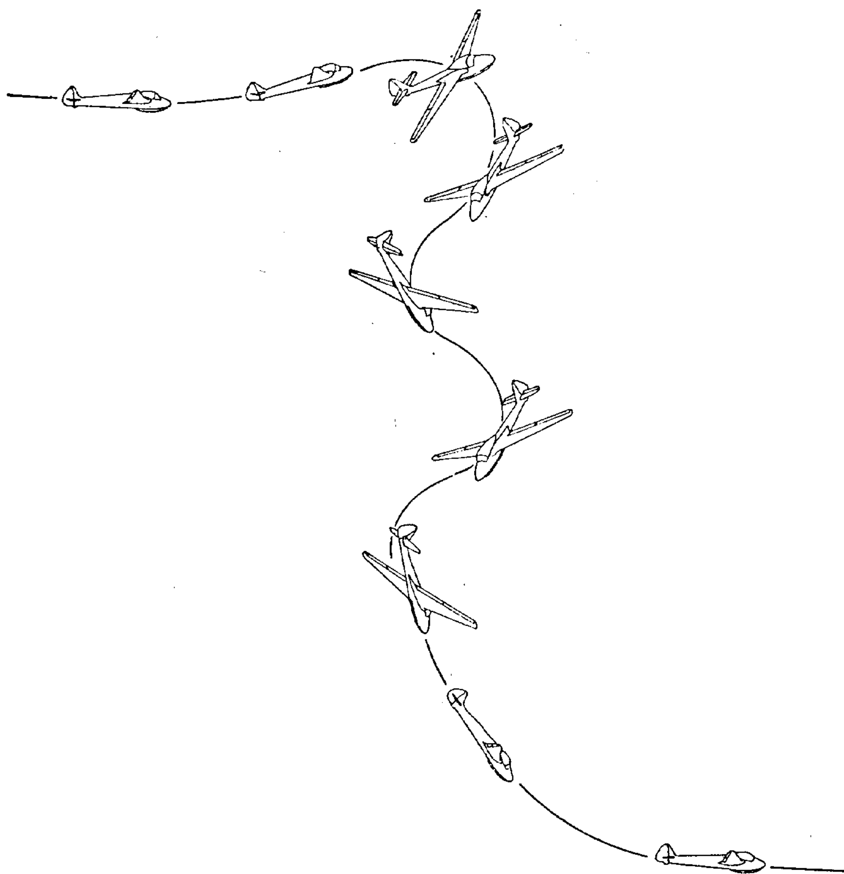


Rys. 7. Różnica w kątach natarcia skrzydła zewnętrznego (α_z) i wewnętrznego (α_w) powoduje autorotację

Na wstępie zrobiliśmy założenie, że „z jakiegokolwiek powodu" oderwanie strug nastąpiło na obu skrzydłach niejednocześnie. Aby taki stan rzeczy uzyskać w praktyce, wystarczy po prostu w momencie przeciągnięcia wychylić ster kierunkowy. Na skutek obrotu szybowca dookoła osi pionowej zewnętrzne skrzydło ma większą prędkość postępową, a tym samym zmniejsza swój kąt natarcia. Odwrotnie skrzydło wewnętrzne mając mniejszą prędkość postępową zwiększa swój kąt natarcia i asymetria oderwania strug jest już zapoczątkowana. Wprowadziliśmy szybowiec w korkociąg. Jeśli zachowamy stałe wychylenia sterów, to taki stan lotu (korkociąg) będzie trwał.

Aby zaprzestać korkociągu, czyli, jak mówimy, wyprowadzić z niego szybowiec, musimy sprzeciwić się różnym pręd-

kościom postępowym końców obydwu skrzydeł, tj. powstrzymać obrót szybowca i przejść na kąty natarcia mniejsze od krytycznego. Dokonujemy tego przez wychylenie steru kierunkowego w stronę przeciwną korkociągowi i „oddanie" drążka, a więc wychylenie steru wysokości powodujące przejście na mniejsze kąty natarcia.



Rys. 8. Korkociąg

Jak widać z powyższego opisu, korkociąg nie jest figurą akrobacji, wykonywaną przez nas przy użyciu sterów, lecz niesterowanym stanem lotu, który możemy tylko zapoczątkować lub przerwać oraz kontrolować prawidłowość jego przebiegu.

KORKOCIĄG NORMALNY

Po zapoznaniu się ze zjawiskiem korkociągu przejdźmy do opisu wykonywania go celowo.

Przez powolne ściąganie drążka przechodzimy na coraz większe kąty natarcia, na których leci nasz szybowiec. Wychylanie steru wysokości powinno być tak powolne, by nie wywoływało widocznej zmiany toru lotu. Zwiększaniu kątów natarcia towarzyszy zmniejszanie się prędkości.

W miarę tego szybowiec coraz to powolniej reaguje na wychylenia sterów. Tuż przed osiągnięciem prędkości przeciągnięcia ściągamy drążek do „oporu" i równocześnie dajemy pełne wychylenie steru kierunkowego w stronę zamierzonego korkociągu. Szybowiec przechylając się na skrzydło wyraźnie opuszcza przód i rozpoczyna autorotacyjny obrót.

Prawie na wszystkich typach szybowców, które są obecnie w użytkowaniu, wystarcza do wykonywania korkociągu takie położenie sterów, jakie opisano przy wprowadzeniu. Bywają jednak szybowce, które przy pełnym wychyleniu steru wysokości i kierunkowego albo nie chcą wykonywać korkociągu, albo „rozkręcają się", wykazując tendencję do przechodzenia w korkociąg płaski*. W takich wypadkach musimy powziąć pewne środki zaradcze.

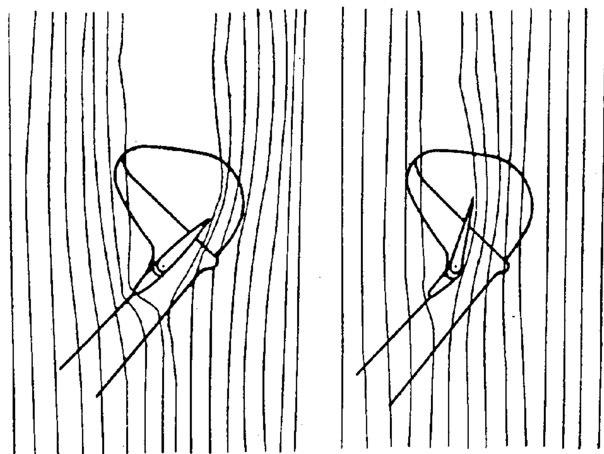
Jeśli szybowiec nie chce wykonywać korkociągu, „pomagamy" mu dając dodatkowo wychylenie lotek. Tu jednak znowu postępowanie zależy od indywidualnych cech naszego szybowca. Niektóre typy, a nawet niektóre poszczególne szybowce tego samego typu wymagają wychylenia lotek zgodnego z kierunkiem wykonywanego korkociągu, inne przeciwnego.

---

* Płaski korkociąg jest opisany w osobnym podrozdziale.

Inaczej przedstawia się sytuacja, gdy szybowiec zbyt chętnie kręci korkociąg. W takim wypadku mamy większą ilość sposobów zapobiegania. Pierwszym z nich — i najpowszechniej stosowanym — jest zmniejszenie wychylenia steru wysokości zaraz po wprowadzeniu w korkociąg. Również częściowe wycofanie wychylenia steru kierunkowego daje często pozytywne wyniki. Trzecim wreszcie sposobem jest wychylenie lotek — znowu w zależności od cech naszego szybowca — zgodnie lub przeciwnie do kierunku wykonywanego korkociągu. Opisane postępowanie jest do pewnego stopnia „regulowaniem" tendencji korkociągowych szybowca, ale nie jest sterowaniem szybowca w korkociągu.

Aby przerwać autorotacyjny obrót szybowca, musimy przeciwdziałać momentowi obrotowemu przez wychylenie steru kierunkowego, a przez wychylenie steru wysokości spowodować przejście szybowca na kąty natarcia mniejsze od krytycznego (tak jak to opisano w poprzednim odcinku niniejszego



Rys. 9. „Cień", jaki w korkociągu rzuca usterzenie wysokości na ster kierunkowy, jest mniejszy przy drążku ściągniętym. Tym tłumaczy się wcześniejsze wychylenie steru kierunkowego przy wyprowadzaniu z korkociągu

rozdziału). Wychylenie steru kierunkowego powinno nastąpić przed użyciem steru wysokości, gdyż skuteczność jego jest wtedy lepsza. Jak widać z rysunku, ma to swoje uzasadnienie w charakterze opływu sterów przez powietrze. W czasie wyprowadzania lotki znajdują się w położeniu neutralnym.

Różne szybowce rozmaicie reagują na wychylenie sterów przy wyprowadzaniu. Niektóre przerywają korkociąg już przy wyrównanym do położenia neutralnego sterze kierunkowym, nawet pomimo ściągniętego drążka, inne wymagają wycofania również i steru wysokości do położenia neutralnego.

Najczęściej stosowanym sposobem wyprowadzania z korkociągu jest pełne wychylenie steru kierunkowego w stronę przeciwną wykonywanemu korkociągowi i „oddanie“ drążka nieco poza położenie neutralne. W szybowcach, które bardzo trudno wychodzą z korkociągu, bywa nieraz konieczne „oddanie“ drążka, połączone z pełnym wychyleniem steru wysokości. Po uruchomieniu sterów szybowiec nie od razu zaprzestaje korkociągu. Wirowanie ustaje stopniowo i jest połączone z coraz to bardziej stromym położeniem szybowca. Wreszcie ustaje ono zupełnie i przechodzimy do lotu nurkowego.

Wielkość kąta zawartego pomiędzy kierunkiem wyznaczonym przez oś podłużną szybowca, w chwili gdy rozpoczęliśmy wyprowadzanie, a kierunkiem w momencie zaprzestania obrotu nazywamy opóźnieniem. Opóźnienie wyprowadzenia z korkociągu zależy od takich czynników jak: ilość wykonanych zwitek, sposób trzymania sterów w korkociągu, położenie środka ciężkości, sposób wyprowadzenia i od wielu innych.

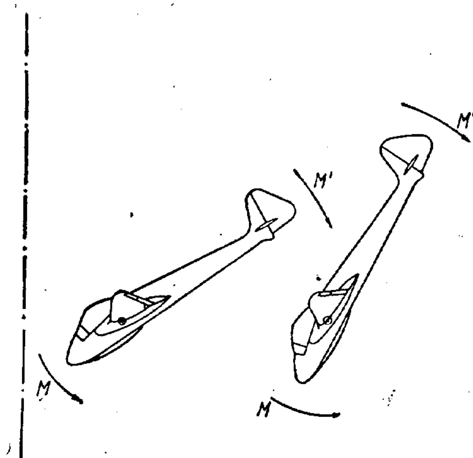
Na ogół opóźnienie po wykonaniu około czterech zwitek korkociągu nie jest dla szybowców większe niż ¼ do ¾ zwitki.

KORKOCIĄG PŁASKI

W drugiej części niniejszego rozdziału wspomniałem o możliwości „rozkręcenia się“ szybowca w korkociągu.

Wyjaśnijmy sobie to zjawisko. Wiemy, że przeciągnięty szybowiec opuszcza przód, a zatem znajduje się pod wpływem

pewnego dodatniego momentu M. W korkociągu pochylenie szybowca jest stałe, musi więc działać ujemny moment M' pochodzący od sił bezwładności i równoważący moment M. Jeśli jednak z jakichkolwiek powodów moment M' wzrośnie, to szybowiec zacznie pod jego wpływem podnosić przód (zmniejszać



Rys. 10. Jeżeli moment M' będzie z jakiegokolwiek powodu większy od momentu M, to szybowiec przejdzie w płaski korkociąg

pochylenie) przechodząc stopniowo do korkociągu, który nazywamy płaskim. Zbyt duży moment M' spowodowany jest albo niewłaściwym rozmieszczeniem mas (np. tylne położenie środka ciężkości), albo złą charakterystyką usterzenia lub też niewłaściwym wychyleniem lotek.

Płaski korkociąg charakteryzuje się dużą prędkością kątową, stosunkowo małą prędkością opadania, mało stromym położeniem szybowca i bardzo złą skutecznością działania sterów.

Wyprowadzenie z płaskiego korkociągu jest stosunkowo trudne, a często w ogóle niemożliwe. Dlatego też, gdy tylko zauważymy podnoszenie przodu szybowca w korkociągu i szybsze wirowanie, powinniśmy natychmiast przerwać dalsze wykonywanie go, w żadnym razie nie dopuszczając do „rozkręcenia

się" szybowca. Korkociąg płaski jest niebezpiecznym stanem lotu, a wyprowadzenie połączone jest zawsze z trudnościami. Dlatego też nie wykonujemy go nigdy celowo, a prawdopodobieństwo zaistnienia płaskiego korkociągu na szybowcu servinym jest przy przepisowym eksploatowaniu go równe zeru. Powinniśmy jednak zapoznać się z metodą wyprowadzania szybowca z tego niepożądanego stanu lotu i dobrze zrozumieć zachodzące przy tym zjawiska.

Jeżeli szybowiec podniósł już przód i przeszedł do płaskiego korkociągu, to kąty natarcia, pod którymi powietrze opływa skrzydła i usterzenie wysokości, są bardzo duże. Usterzenie kierunku znajduje się w cieniu aerodynamicznym, jaki rzuca nań statecznik i ster wysokości. Ponadto wskutek bocznego opływu skuteczność sterów jest znacznie mniejsza. Po dokładnym zastanowieniu się nad zjawiskami towarzyszącymi płaskiemu korkociągowi potrafimy ustalić sposób wyprowadzania z niego.

Zmniejszając prędkość kątową obrotu przez p e ł n e wychylenie steru kierunkowego w stronę przeciwną niż wykonywany korkociąg, zmniejszamy siły bezwładności, a tym samym moment M' powodujący podnoszenie przodu szybowca. W dalszym ciągu „oddajemy" stopniowo drążek. W miarę „oddawania" obserwujemy zachowanie szybowca. Może się zdarzyć, że zbyt duże wychylenie steru wysokości da w efekcie dalsze podnoszenie przodu szybowca. Ma to miejsce wtedy, gdy wychylony ster spowoduje przeciągnięcie usterzenia wysokości, będącego już i tak na dużych kątach natarcia. W takim wypadku natychmiast zaprzestajemy dalszego „oddawania" drążka i szukamy najwłaściwszego położenia steru wysokości.

Pamiętajmy więc: ze względu na charakter opływu usterzeń najpierw dajemy pełne wychylenie steru kierunkowego, które bezwarunkowo zachowujemy przez cały czas wyprowadzania, potem dopiero szukamy odpowiedniego położenia steru wysokości. Po wykonaniu tych czynności nie pozostaje nam nic innego, jak tylko czekać, aż szybowiec przejdzie z płaskiego w stromy korkociąg, z którego wyprowadzenie jest nam już znane.

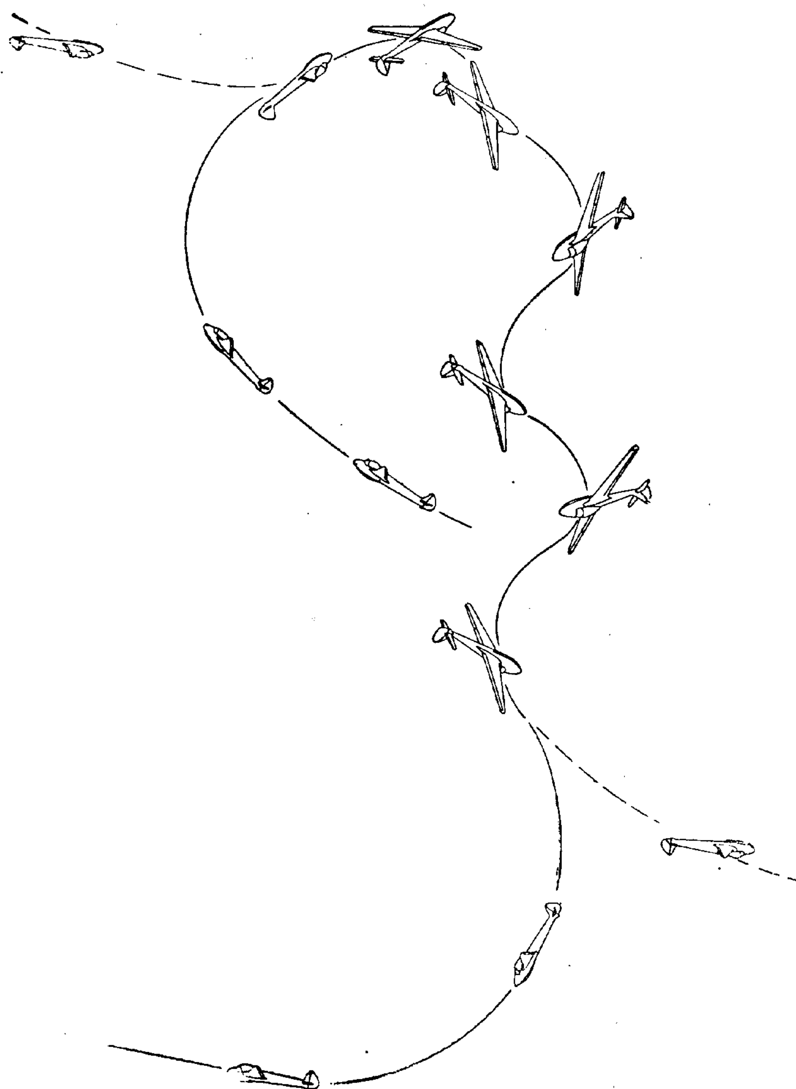
Jeżeli na szybowcu dwumiejscowym, który wpadł w płaski korkociąg pilot tylny siedzi poza środkiem ciężkości, opuszczenie przez niego szybowca przy użyciu spadochronu poprawi sytuację i ułatwi wyprowadzenie z korkociągu.

KORKOCIĄG ODWRÓCONY

Podobnie jak z przeciągnięcia w locie normalnym wprowadzamy szybowiec do zwykłego korkociągu, tak z przeciągnięcia w locie odwróconym możemy rozpocząć korkociąg odwrócony. Jest to analogiczny stan lotu do normalnego korkociągu, z tym że szybowiec opada w nim wirując w pozycji odwróconej. Ma to nawet swoje zalety. Jak widać z rysunku, warunki pracy usterzenia kierunkowego są znacznie lepsze, a zatem i wyprowadzenie jest łatwiejsze. Nie wszystkie szybowce akrobacyjne dają się wprowadzić w korkociąg odwrócony, ale na tych, które go wykonują, warto się z nim zapoznać. Przemawia za tym fakt, że przy mimowolnym przeciągnięciu w locie odwróconym, wadliwie wykonanym zawrocie lub nieudanej pętli odwróconej szybowiec może sam wejść w taki korkociąg. Jeśli go znamy — nie będzie on dla nas niespodzianką i z łatwością potrafimy go zaprzestać.

Do korkociągu odwróconego najczęściej wprowadzamy szybowiec z półpętli normalnej. Po wykonaniu jej przechodzimy do lotu odwróconego ze wznoszeniem i na chwilę przed utratą prędkości, a więc przed osiągnięciem krytycznego ujemnego kąta natarcia, przez „oddanie drążka" do oporu i pełne wychylenie steru kierunkowego powodujemy rozpoczęcie korkociągu. Oczywiście wprowadzenia możemy również dokonać po przejściu do lotu odwróconego półbeczką. Jest to jednak zawsze połączone z większą stratą wysokości, gdyż wymaga rozpędzenia szybowca do półbeczki, dając w locie odwróconym w miarę zmniejszenia prędkości tylko znikomy zysk wysokości.

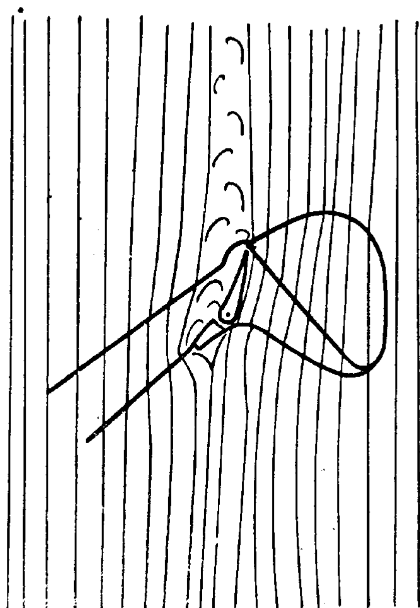
Po wprowadzeniu szybowca zatrzymujemy pełne wychylenie steru kierunkowego i steru wysokości tak długo, jak długo chcemy korkociąg kontynuować. Musimy przy tym zwracać



Rys. 11. Korkociąg odwrócony

baczną uwagę, czy nasz szybowiec nie rozpędza się, co świadczyłoby, że wykonujemy rodzaj spirali odwróconej, a nie korkociąg. Jeśli zaobserwujemy zwiększanie się prędkości, musimy natychmiast wyprowadzać, ponieważ w przeciwnym wypadku szybko wzrosną ujemne przyspieszenia, pod wpływem których znajdujemy się wraz z szybowcem, a strata wysokości będzie bardzo duża.

Wyprowadzenie z korkociągu odwróconego prawie nigdy nie nastręcza trudności. Większość szybowców, które go wykonują, wychodzi z niego natychmiast po sprowadzeniu sterów do położenia neutralnego. Mimo to przy wyprowadzeniu stosujemy pełne wychylenie steru kierunkowego w stronę przeciwną do obrotu szybowca i niewielkie ściągnięcie drążka „na siebie". Po zaprzestaniu obrotu wyprowadzamy szybowiec z nurkowania przez dalsze ściąganie drążka.



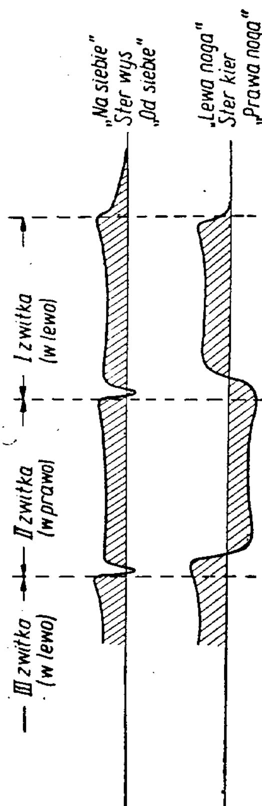
Rys. 12. W korkociągu odwróconym skuteczność steru kierunkowego przy wyprowadzaniu jest bardzo dobra, gdyż usterzenie wysokości nie „zacienia" steru kierunkowego

Korkociąg odwrócony nie jest ani straszny, ani trudny do zniesienia przez organizm pilota. Przyśpieszenie ujemne w ustalonym korkociągu wynosi około 1,7 g, co jest bez porównania mniej przykre i męczące niż np. pętla odwrócona. Natomiast satysfakcja wykonania go i wyprowadzenia na kierunek po zamierzonej ilości zwitek jest niewątpliwie duża. Orientację w ilości wykonywanych zwitek bardzo ułatwia

doskonała widoczność ziemi, znacznie lepsza niż w korkociągu normalnym, spowodowana odwróconym położeniem szybowca.

KORKOCIĄG PRZEKŁADANY

Połączenie następujących po sobie zwitek korkociągu normalnego, z których każda następna ma kierunek obrotu przeciwny do poprzedzającej ją, nazywa się korkociągiem przekładanym.



Rys. 13. Wykres ruchów sterami podczas wykonywania przekładanego korkociągu

Figurę tę wykonujemy w sposób następujący: wprowadzamy szybowiec do normalnego korkociągu. Pod koniec pierwszej zwitki dajemy pełne przeciwne wychylenie steru kierunkowego i w momencie osiągnięcia kierunku wprowadzenia powodujemy przez lekkie „odpuszczanie" drążka zatrzymanie korkociągu. Natychmiast potem następuje zupełne ściągnięcie drążka „na siebie", co w połączeniu z już wychylonym sterem kierunkowym powoduje rozpoczęcie następnej zwitki w zmienionym kierunku. Zatrzymanie obrotu i spowodowanie autorotacji w stronę przeciwną do poprzedzającej zwitki powinno nastąpić dokładnie w obranym kierunku i tak szybko, by szybowiec nie zdążył się rozpędzić.

Korkociąg przekładany stanowi bardzo efektowną figurę akrobacji, a dobre wykonanie go jest sprawdzianem stopnia opanowania szybowca w korkociągu normalnym.

PADANIE LIŚCIEM

Podobnie jak korkociąg przekładany jest połączeniem następujących po sobie zwitek korkociągu normalnego, jednak o zmiennym kierunku wirowania, tak padanie liściem nie jest niczym innym jak wprowadzaniem szybowca na przemian do lewego i prawego korkociągu.

Zmiany kierunku zwalania się szybowca powinny następować tak szybko po sobie, aby nie zdążył on opuścić przodu (jak to ma miejsce przy rozpoczynaniu korkociągu) ani też nie utracił kierunku obranego przy rozpoczęciu ewolucji.

Padanie liściem wykonujemy w następujący sposób: na minimalnej prędkości, w momencie poprzedzającym przeciągnięcie dajemy pełne wychylenie steru kierunkowego i ściągamy drążek. Szybowiec przechyla się w stronę, w którą wychylono ster kierunkowy, i zaczyna zakręcać opuszczając przód. Z tą chwilą energicznie zmieniamy pełne wychylenie steru kierunkowego na przeciwne i oddaniem drążka nie dopuszczamy do dalszego autorotacyjnego obrotu. Gdy tylko obrót zostanie zatrzymany, z powrotem ściągamy drążek. Teraz — podobnie jak przy rozpoczynaniu figury — szybowiec zaczyna wykonywać autorotacyjny obrót w stronę przeciwną. Gdy tylko skrzydła przejdą przez położenie poziome i szybowiec zacznie się nadal przechylać, zmieniamy wychylenie steru kierunkowego na przeciwne i zatrzymujemy opuszczenie przodu szybowca sterem wysokości. Jeżeli reagujemy sterami prawidłowo i bez opóźnień, możemy w ten sposób utrzymywać szybowiec w „padaniu liściem" dowolnie długo.

Błędy przy wykonywaniu tej ewolucji polegają na rozpędzeniu się szybowca lub niezachowaniu osi wykonywanej figury. Mają one miejsce wtedy, gdy ruchy sterami następują w niewłaściwym momencie lub są zbyt mało zdecydowane (energiczne, ale nie brutalne).

Szybowce wykonują tę figurę dosyć niechętnie, a na wielu typach wykonanie jej jest w ogóle niemożliwe. Tłumaczy się to dużą rozpiętością i małym obciążeniem powierzchni (a więc

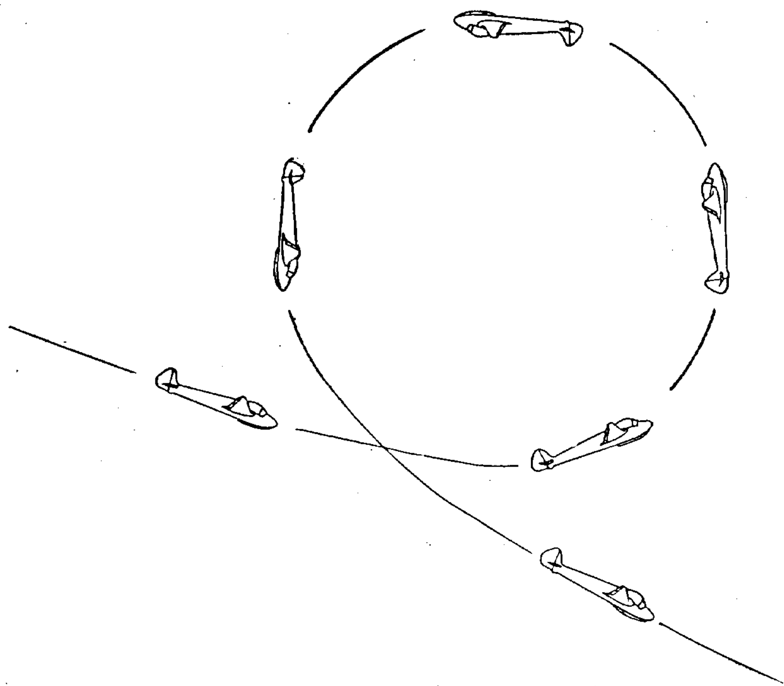
cechami charakterystycznymi dla konstrukcji szybowcowych), które nie sprzyjają gwałtownemu przebiegowi przeciągnięcia.

Podobnie jak przekładany korkociąg, tak i padanie liściem jest figurą bardzo efektowną i świadczy o pełnym opanowaniu szybowca w korkociągu.

PĘTLA

Figura akrobacji, w której szybowiec porusza się po torze zbliżonym do koła w płaszczyźnie pionowej, nazywa się pętlą.

Pętla jest najstarszą z figur akrobacji. Po raz pierwszy została wykonana na samolocie, w roku 1913, przez rosyjskiego pilota Piotra Niestierowa.



Rys. 14. Pętla

Ażeby szybowiec mógł poruszać się po torze krzywym, musi istnieć siła dośrodkowa. Tą siłą dośrodkową, wywołującą dodatnie przyśpieszenie, jest siła nośna wytworzona przez skrzydła naszego szybowca. Oczywiście, aby możliwe było uzyskanie dodatniego przyspieszenia powodującego zakrzywianie toru lotu, siła nośna musi być większa od ciężaru szybowca, co wyraża się następującym wzorem:

$$Pz = m \cdot G$$

gdzie:

Pz — siła nośna,

G — ciężar właściwy,

m — jest współczynnikiem wskazującym, ile razy siła nośna jest większa od ciężaru. Zatem wartość „m“ jest współczynnikiem przyśpieszenia, pod wpływem którego znajduje się szybowiec.

Ze względu na tor lotu szybowca zbliżony do kolistego, a więc na rozmaite położenia szybowca w stosunku do ziemi w miarę wykonywania pętli, oraz ze względu na zmienną prędkość szybowca po torze, przyśpieszenia w pętli również są zmienne.

Wykres przedstawiający zmiany przyśpieszeń w funkcji czasu podczas wykonywania normalnej pętli znajduje się poniżej.

W dobrze wykonanej pętli maksymalne przyśpieszenie nie powinno na ogół przekraczać wartości „3,5 g“, u szczytu zaś pętli powinno osiągnąć wartość około „1 g“, jednak w żadnym razie „0 g“ lub tym bardziej wartość mniejszą.

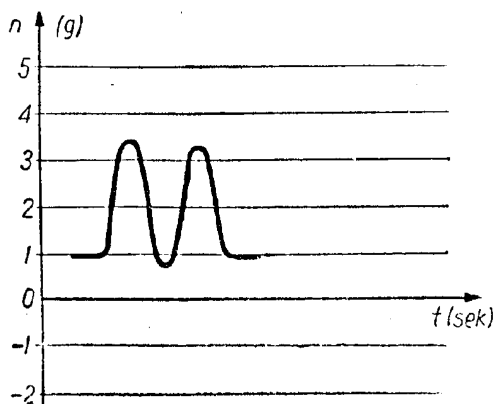
Przejdźmy teraz do opisu sposobu wykonania pętli na szybowcu.

Aby możliwe było wznoszenie się szybowca w pierwszej połowie pętli, musi on mieć pewien nadmiar prędkości, a zatem zwiększoną energię kinetyczną. Ten nadmiar prędkości w miarę wznoszenia zostanie częściowo zamieniony na energię potencjalną, a częściowo wytracony na skutek zmniejszania się prędkości lotu, spowodowanej przejściem na większe kąty natarcia, czyli na większe współczynniki oporu Cx.

Aby otrzymać zwiększoną prędkość, potrzebną do wykonania figury, rozpędzamy szybowiec przez „oddanie" drążka sterowego. Na szybowcach akrobacyjnych lub wyczynowych na ogół wystarcza rozpędzenie około 2-krotnej prędkości optymalnej (*Vd max*), lub nieznacznie większej. Szybowiec należy rozpędzać po niezbyt stromym torze, bez zwisów i w ustalonym kierunku. Najlepszym wskaźnikiem tempa rozpędzania się szybowca są wskazania prędkościomierza. Wskazówka przyrządu powinna niezbyt szybkim, ale zdecydowanym ruchem przesuwać się w kierunku większych prędkości.

Tuż przed uzyskaniem zamierzonej prędkości (około 10 km/godz. poniżej *Vrozp.*), z której wykonywać będziemy pętlę, rozpoczynamy łagodne, ale zdecydowane ściąganie drążka sterowego „na siebie".

W miarę ściągania drążka czujemy wzrastające przyspieszenie, które „wtłacza" nas w fotel szybowca. Tempo ściągania powinniśmy tak dobrać, aby największe przyśpieszenie przypadło na pierwszą ćwiartkę pętli. W położeniu szczytowym nie powinniśmy odczuwać wciskania w siodełko szybowca, lecz raczej nawet nieznaczny „ubytek na ciężarze", co dowodzi, iż szybowiec znajduje się pod wpływem przyspieszenia $m < 1\ g$.



Rys. 15. Wykres przyspieszeń podczas wykonywania pętli

W żadnym razie nie powinniśmy dopuścić do „zwisania na pasach" — tj. do ujemnych przyspieszeń. W trzeciej ćwiartce — tj. po przejściu położenia szczytowego, a przed położeniem pionowym — zachowujemy wychylenie steru wysokości takie jak w drugiej ćwiartce pęt-

li. Wreszcie czwarta ćwiartka jest niczym innym jak wyprowadzeniem z lotu nurkowego. Staramy się w niej nie dopuszczać do przyśpieszeń większych niż przy wprowadzaniu do pętli oraz do większej prędkości niż prędkość rozpoczęcia figury.

Takie wykonanie pętli zapewni jej kształt najbardziej zbliżony do koła. Zbyt silne ściąganie drążka w drugiej i trzeciej ćwiartce prowadzi do owalizacji pętli lub przeciągnięcia szybowca, o czym będzie mowa dalej.

Jeżeli pętlę wykonywaliśmy jako oddzielną — pojedynczą — figurę, przechodzimy na ogół do lekko wznoszącego lotu, by nadmiar prędkości po wykonaniu jej zamienić na cenne metry wysokości. Pętla jest jedną z najłatwiejszych figur akrobacji i najczęściej pierwszą figurą, którą początkujący akrobata wykonuje.

Mimo że całą figurę wykonuje się za pomocą jednego tylko steru (ster wysokości) i tu też możliwa jest dość znaczna ilość pomyłek, z którymi zetknie się z pewnością każdy uczący się akrobacji. Omówmy wobec tego błędy możliwe przy wykonywaniu pętli. Pierwsza grupa błędów powstaje na skutek niewłaściwej prędkości rozpoczęcia figury. Zbyt duża prędkość, przy dalszym prawidłowym prowadzeniu szybowca, daje tor lotu odbiegający znacznie od kolistego, co psuje efekt wykonywanej figury. Jeszcze gorzej przedstawia się sytuacja przy zbyt małej prędkości rozpoczęcia. Taki błąd „mści się" na pilocie albo przeciągnięciem szybowca w drugiej ćwiartce pętli, co prowadzi do wykonania nieprawidłowego zawrotu, a dalej korkociągu, albo „zawiśnięciem" szybowca w pozycji odwróconej, co dla niedoświadczonego pilota jest bardzo nieprzyjemne i kończy się załamaniem toru lotu u szczytu figury.

Druga grupa błędów spowodowana jest niewłaściwym tempem wychylenia steru wysokości. Zbyt szybkie tempo ściągania drążka prowadzi albo do autorotacyjnego obrotu szybowca (przeciągnięcie na dużej prędkości), a w dalszym ciągu do chwilowej utraty sterowności, albo do zbyt szybkiego wyhamowania prędkości, co znów daje małą prędkość u szczytu figury i koń-

czy się następstwami opisanymi powyżej. Nieodpowiednie tempo wychylania steru wysokości po przejściu szczytowego położenia prowadzi albo do znacznego rozpędzenia się szybowca i dużej utraty wysokości, gdy wychylenie jest zbyt małe, albo do dużych przyśpieszeń lub nawet przeciągnięcia dynamicznego, gdy wychylenie jest zbyt duże.

Trzecia grupa błędów to niewłaściwe sterowanie szybowcem za pomocą lotek i steru kierunkowego. Błędy te są powodem wszelkiego rodzaju „skrzywienia pętli". Aby tego uniknąć, należy przede wszystkim wystrzegać się jakichkolwiek zmian kierunku i zwisów podczas rozpędzania szybowca przed wykonaniem pętli. Usuwanie zwisów i utrzymanie kierunku podczas rozpędzania szybowca nie wymaga chyba omawiania, natomiast kontrola i ewentualna poprawa jego położenia w pozycji odwróconej zostanie dokładniej omówiona przy opisie lotu odwróconego.

Po dokładnym opanowaniu techniki wykonywania normalnej pętli warto spróbować tak zwanej „pętli skośnej". Figura ta jest niczym innym jak normalną pętlą wykonaną nie w płaszczyźnie pionowej, lecz w skośnej. W związku z tym technika wykonania jej jest nieco inna.

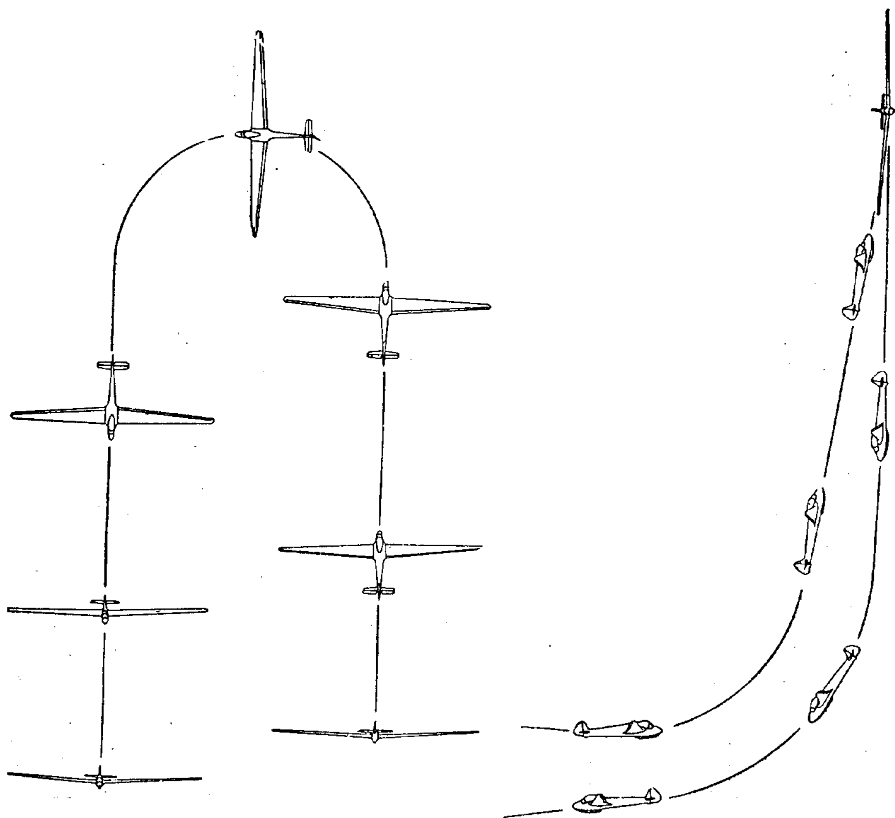
Pętlę skośną wykonywać należy z nieco większej prędkości niż pętlę normalną, w szczytowym zaś położeniu przyśpieszenie nie powinno być mniejsze od „1 *g*" (pilot cały czas „wciskany" w siodełko).

Po rozpędzeniu szybowca do żądanej prędkości przechylamy go lotką, a po uzyskaniu zamierzonego przechylenia i wycofaniu lotek do neutrum rozpoczynamy figurę przez ściąganie drążka. W dalszym ciągu pętla skośna niczym innym nie różni się od normalnej i dopiero przy wyprowadzeniu do lotu poziomego za pomocą lotek wyrównujemy przechylenie lub (najczęściej) przechylamy szybowiec w drugą stronę i bezpośrednio wykonujemy pętlę z przeciwnym przechyleniem. Obserwacja ziemi podczas wykonywania skośnych pętli doskonale wyrabia orientację pilota w rozmaitych położeniach szybowca i przede wszystkim dlatego figurę tę warto wykonać.

Pętli odwróconej (zewnętrznej) nie będziemy omawiać teraz, gdyż zostanie jej poświęcony osobny rozdział.

PRZEWRÓT

Przewrót jest figurą akrobacji pokrewną pętli. Można powiedzieć, że przewrót jest jak gdyby połączeniem — za pomocą obrotu szybowca dokoła osi pionowej — pierwszej i czwartej ćwiartki pętli. Określenie to, może niezbyt ściśle, dość dobrze jednak charakteryzuje tor lotu szybowca w przewrocie.



Rys. 16. Przewrót

Prawidłowo wykonany przewrót jest figurą trudną, jednak ze względu na niewielkie przyśpieszenia, jakie w nim występują, jest bardzo popularny wśród pilotów. Jeśli już mowa o przyśpieszeniach, to warto zaznaczyć, że są one mniejsze niż w pętli i przy prawidłowym wykonywaniu nie osiągają wartości „3 *g*", przy specjalnie zaś łagodnym wykonaniu mogą być nawet mniejsze od „2 *g*".

Przejdźmy teraz do sposobu wykonania przewrotu. Prędkość rozpoczęcia zależy od tego, jak długo chcemy kontynuować wznoszenie w przewrocie, nie powinna być w żadnym razie mniejsza od 1,5 *Vd max* (*Vd max* — prędkość maksymalnej doskonałości szybowca). Najczęściej rozpoczynamy przewrót z prędkości równej około 2 *Vd max*.

Podobnie jak w pierwszej ćwiartce pętli przechodzimy do wznoszenia przez ściągnięcie drążka „na siebie". Ściąganie jest na ogół nieco mniej energiczne niż przy pętli. Kąt, pod którym wznosimy się w przewrocie, utrzymuje się zwykle w granicach 60°—90°. Najłatwiej ocenić go patrząc w bok i określając kąt między cięciwą skrzydła i horyzontem. Po ustaleniu toru wznoszenia rozpoczynamy odwracanie szybowca (płaski obrót dookoła osi pionowej), tj. zmianę toru lotu o 180°.

Cała trudność wykonania dobrego przewrotu zależy od tego, by obrót ten odbywał się po możliwie małym promieniu i po torze jak najbardziej zbliżonym do półkola. Obrotu dokonujemy przez wychylanie steru kierunkowego. Następnie wyrównujemy stery do położenia neutralnego i wyprowadzamy szybowiec jak z lotu nurkowego — przez ściąganie drążka „na siebie" — starając się jednak, aby tor lotu przy wyprowadzaniu był jak najbardziej zbliżony do toru poprzedniego lotu wznoszącego.

Przy wykonywaniu przewrotu napotykamy dwie zasadnicze trudności: pierwsza — to dobranie odpowiedniego momentu, w którym rozpoczynamy zmianę kierunku toru lotu, druga — to wykonanie płaskiego obrotu szybowca dookoła osi pionowej, w tej samej płaszczyźnie co tor lotu wznoszącego.

Omówmy teraz błędy, jakie najczęściej zdarzają się przy wykonywaniu przewrotu.

Pierwszym typowym błędem jest zbyt mały kąt wznoszenia. Przewrót wykonany w ten sposób jest znacznie trudniejszy i nie wygląda ładnie. Błąd odwrotny polegający na przyjęciu zbyt dużego kąta wznoszenia ($\varphi > 90°$) w praktyce zdarza się bardzo rzadko.

Drugi typowy błąd to niewłaściwa prędkość, przy której rozpoczynamy zmianę kierunku lotu. Przy prędkości zbyt małej reakcja steru kierunkowego jest niewystarczająca i dlatego szybowiec albo nie zdąży zmienić kierunku lotu przed nieuchronnym przeciągnięciem, albo zmieni go tylko częściowo, a dalszy obrót dookoła osi pionowej jest już tylko niesterowanym zwaleniem się.

Powyższe uwagi dotyczą również zbyt małej prędkości wprowadzenia do przewrotu, co w konsekwencji daje prawie zawsze zbyt małą prędkość przy rozpoczęciu odwracania szybowca.

Jeśli rozpoczynamy odwracanie szybowca u szczytu przewrotu na prędkości zbyt dużej, to najczęściej tor lotu odbiega znacznie od półkola albo promień toru jest zbyt duży. Obniża to w znacznym stopniu prawidłowość wykonywanej figury.

Trzecim rodzajem błędu — spotykanym bardzo często — jest to, że obrót szybowca u szczytu przewrotu nie jest płaski. Należy pamiętać, że wychylenie steru kierunkowego powoduje prawie na wszystkich szybowcach przechylanie się w tę samą stronę i w związku z tym bardzo często trzeba podtrzymywać szybowiec w czasie zmiany kierunku na szczycie figury zewnętrzną (przeciwną niż wychylenie steru kierunkowego) lotką. Przechylenie szybowca u szczytu figury powoduje albo ukończenie przewrotu w złym kierunku (innym niż o 180° w stosunku do kierunku wprowadzenia), albo konieczność poprawiania zwisów w drugiej części przewrotu.

Czwartym wreszcie rodzajem błędu jest zbyt energiczne wyprowadzenie po odwróceniu szybowca o 180° lub przed-

wczesne albo opóźnione wycofanie wychylonego steru kierunkowego. Obydwa te błędy prowadzą w konsekwencji do zakłócenia toru lotu w drugiej fazie figury, przy czym nadmierne ściągnięcie może prowadzić do przeciągnięcia (autorotacji), nie wycofany zaś w porę ster kierunku, którego skutku początkowo z powodu małej prędkości nie odczuwa się, zepsuje prostolinijny lot w drugiej połowie przewrotu.

Dodać tu jeszcze należy, że zbyt szybkie wyprowadzenie, nawet jeżeli nie spowoduje autorotacji, to w każdym razie prowadzić będzie do asymetrii figury (tor wznoszenia nie będzie zbliżony do toru schodzenia).

Jak więc widać, pilot uczący się wykonywania przewrotu napotyka liczne trudności, jednak praca włożona w naukę przewrotu sowicie się opłaca. Jest to bardzo efektowna figura, a dobre jej wykonanie świadczy o wysokim poziomie umiejętności pilota.

ZWROT BOJOWY

Zwrot bojowy jest to zakręt o 180° wykonany z dużym przechyleniem poprzecznym, połączony z nabraniem wysokości. Dla wykonania go szybowiec musi posiadać znaczny nadmiar prędkości.

Ze względu na nieustalony charakter figury (malejąca we wznoszeniu prędkość, a więc i zmieniający się kąt natarcia skrzydeł) przyspieszenie nie jest jednoznacznie określone przechyleniem szybowca. Zależy ono tylko częściowo od przechylenia, a ponadto od nadmiaru prędkości i mniej lub więcej energicznego sposobu wykonania zwrotu. W praktyce przyśpieszenia osiągają wartość 3 do 3,5 g.

Sposób wykonania zwrotu bojowego jest następujący:

Rozpędzamy szybowiec do dwukrotnej prędkości optymalnej lub nieco większej i wprowadzamy tak jak do głębokiego zakrętu, z tym że ściągnięcie drążka „na siebie“ jest większe niż w normalnym zakręcie. Wskutek tego szybowiec zyskuje

wysokość. Po uzyskaniu zamierzonego kąta przechylenia wycofujemy wychylenie lotek do położenia neutralnego * i w dalszym ciągu jedynie sterem wysokości (ściągnięcie drążka „na siebie") kontynuujemy wykonywanie ewolucji. Na około 30° przed kierunkiem, w którym zamierzamy wyprowadzić szybowiec, wychylamy lotki w stronę przeciwną przechyleniu, z równoczesnym zgodnym wychyleniem steru kierunkowego. Wycofujemy również ściągnięcie drążka tak, by po przejściu do lotu normalnego nie nastąpiło przeciągnięcie. W czasie całego zwrotu bojowego zakrętomierz nie powinien wykazywać ani wyślizgu, ani ześlizgu szybowca.

Charakterystycznymi błędami są:

1) Zbyt energiczne ściągnięcie drążka, które może spowodować dynamiczne przeciągnięcie (jak w szybkiej beczce).
2) Zbyt powolne ściąganie drążka, co zamiast zwrotu da w wyniku zakręt bez zysku wysokości lub z nieznacznym tylko zyskiem.
3) Niewłaściwe przechylenie szybowca lub
4) nieskoordynowana praca sterami, co odbija się na prawidłowości wykonywanej figury i
5) zakończenie zwrotu na zbyt małej prędkości, co najczęściej prowadzi do niezamierzonego korkociągu.

Zwrot bojowy wykonujemy przeważnie po figurze akrobacji, która kończy się na dużej prędkości. Po zwrocie bojowym powinno się natychmiast wykonać taką figurę, do rozpoczęcia której potrzebna jest mała prędkość.

Warunek ten podyktowany jest tym, iż w zwrocie bojowym przez cały czas wznosimy się i jeśli następnie przejdziemy do normalnego lotu ślizgowego, to na szczycie figury utworzy się jak gdyby „garb", co zepsuje efekt wykonywanego zwrotu.

---

* Pod określeniem „neutralne" rozumiemy w tym wypadku takie położenie lotek, które pozwala na utrzymanie stałego kąta przechyłu. Położenie to nie musi być równoznaczne z wychyleniem lotek równym zeru.

Ślizg jest figurą tak popularną i tak często spotykaną, iż zapewne wielu czytelników zdziwi się nawet, że zaliczam go do akrobacji.

Ślizgiem nazywamy prostoliniowy lot przechylonego szybowca. Jako figura ślizg wchodzi rzadko w skład wiązanek akrobacji choć wykonany nisko przy podejściu do lądowania na zmianę raz w lewo, raz w prawo, wygląda bardzo efektownie, zwłaszcza gdy przechylenie jest duże.

Właśnie przy wymanewrowaniu do lądowania ślizg ma duże znaczenie, gdyż jest figurą, w której szybowiec ma zwiększone opadanie i którą można dowolnie długo kontynuować.

Ślizgi wykonujemy w ten sposób, że na prędkości podchodzenia do lądowania lub nieco mniejszej (*V przeć.* + 15 km/godz.) przechylamy szybowiec za pomocą wychylenia lotek, a równocześnie wychyleniem steru kierunkowego w stronę przeciwną przechyleniu szybowca zapobiegamy zmianie kierunku lotu w stronę wykonywanego ślizgu.

Sterem wysokości utrzymujemy w czasie ślizgu prędkość w przybliżeniu równą prędkości wprowadzenia.

Celowo nie podaję, czy wychylenie drążka sterowego jest na „siebie", czy też „od siebie", gdyż różne typy szybowców zachowują się w ślizgu niejednakowo. Jedne wymagają ściągania drążka „na siebie", inne „oddawania".

Ze ślizgu wyprowadzamy szybowiec, „podnosząc" go lotką z przechylenia i wycofując wychylenie steru kierunkowego w takim tempie, by utrzymać niezmieniony kierunek lotu. Sterem wysokości utrzymujemy ciągle żądaną prędkość, przy czym zależnie od typu szybowca może być potrzebne „oddawanie" drążka lub ściąganie go „na siebie".

Należy pamiętać, że każdy szybowiec ma z góry określoną wartość przechylenia (tzw. „graniczne przechylenie") w ślizgu, powyżej której wykonanie tej figury w sposób ustalony (ślizg ustalony) przy stałej prędkości, stałym przechyleniu i bez zmian kierunku jest niemożliwe. Nie znaczy to, by nie można

było wykonać ślizgów nawet z bardzo dużym przechyleniem. Będą one wtedy jednak krótkotrwałe i nieustalone. W takim ślizgu, gdy spostrzegamy, że nie jesteśmy w stanie utrzymać dłużej szybowca na żądanym kierunku, mimo pełnego wychylenia steru kierunkowego, najczęściej wyprowadzamy szybowiec i przekładamy go w ślizg w stronę przeciwną.

Najczęstszymi błędami popełnianymi przy wykonywaniu ślizgów są:

a) zbyt duże przechylenie szybowca powodujące niemożność utrzymania zamierzonego kierunku lotu,

b) zbyt małe wychylenie steru kierunku powodujące zakręcanie szybowca w stronę jego przechylenia,

c) niewłaściwa lub nierówna prędkość,

d) nieskoordynowane ruchy sterami przy wprowadzaniu do ślizgu, w czasie jego trwania lub przy wyprowadzaniu.

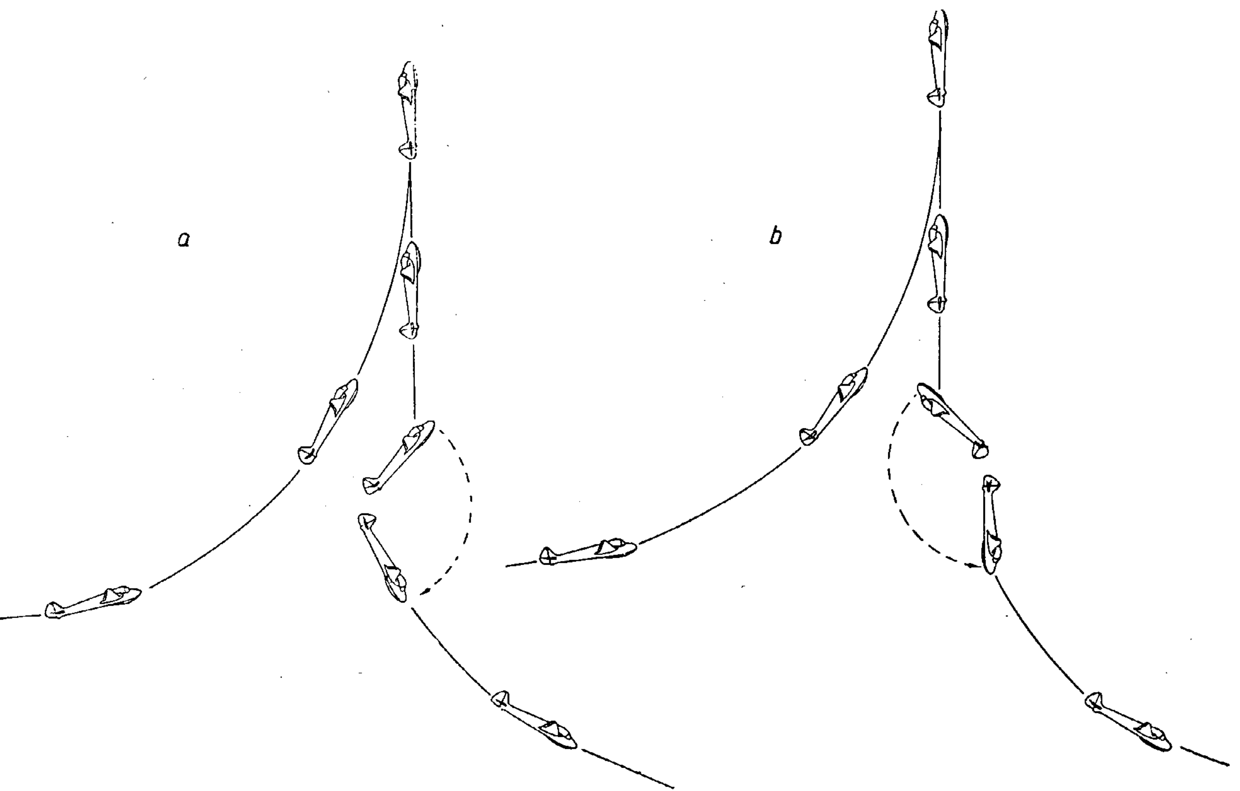
Wszystkie wyżej wymienione rodzaje błędów powodują utratę kierunku w ślizgu lub jego nieustalony charakter, co odbija się ujemnie na jakości wykonania figury.

ŚLIZG NA OGON

Ślizg na ogon jest to figura akrobacji, w której szybowiec (po odpowiednim rozpędzeniu) przechodzi do pionowego lotu wznoszącego, a następnie po całkowitej utracie prędkości i chwilowym ześlizgu wstecz — na ogon — zwala się przez łeb lub plecy, po czym zostaje wyprowadzony z nurkowania do normalnego lotu.

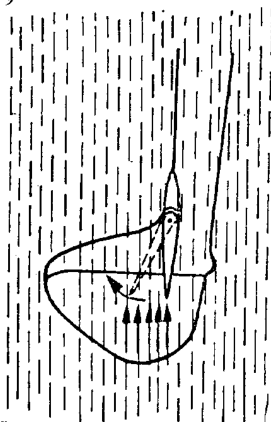
Figura ta, chociaż nie obciąża specjalnie szybowca, to jednak stwarza warunki, które w pewnych wypadkach mogłyby być nawet niebezpieczne dla konstrukcji szybowca.

Przy przedłużającym się ześlizgu wstecz na sterach naszego szybowca powstaje stosunkowo duża siła aerodynamiczna. W wypadku słabego trzymania przez pilota drążka sterowego lub dużych luzów w układzie sterowania, może ona doprowa-



Rys. 17. Ślizg na ogon a) „przez łeb“, b) „przez plecy“

dzić nawet do wyłamania sterów. W związku z tym ślizg na ogon uważają niektórzy piloci za figurę niebezpieczną. Jeśli dodać do tego, że podczas wykonywania jej przyśpieszenia — wprawdzie nieduże — szybko się zmieniają (z dodatnich na ujemne lub odwrotnie), to staje się jasne, dlaczego figura ta jest na ogół rzadko wykonywana.



Rys. 18. Podczas ześlizgu szybowca tyłem, słabo trzymany ster wysokości może wskutek odwróconego opływu zostać wyłamany

Przejdźmy teraz do opisu wykonania ślizgu na ogon. Prędkość rozpoczęcia jest taka sama jak prędkość przewrotu i podobnie jak w przewrocie może być większa, jeśli wznoszenie chcemy kontynuować dłużej. Również pierwsza faza figury, tj. przejście do wznoszenia i sam lot wznoszący odbywają się tak, jak przy wykonywaniu przewrotu, z tym jednak, że wznoszenie powinno odbywać się pionowo do góry. Kąt wznoszenia najlepiej jest ustalić patrząc w bok i porównując wzajemne położenie cięciwy skrzydła i linii horyzontu. Można też obrać jeszcze przed wprowadzeniem np. charakterystyczną chmurkę, znajdującą się dokładnie nad szybowcem, i wznosić się w jej kierunku. Sposób pierwszy wydaje się jednak znacznie lepszy, a tym samym godny polecenia.

Im dłużej trwa pionowy lot wznoszący po prostej, tym łatwiej jest ustalić właściwe położenie sterów w tej fazie figury. W miarę jak prędkość maleje, przygotowujemy się do bezwładnego zwalenia szybowca. Po całkowitej utracie prędkości można wprawdzie kontynuować ześlizg „tyłem" stosując odwrotne wychylenia sterów w celu utrzymania szybowca w tym stanie lotu, jednak ze względów podanych na wstępie najczęściej tego nie robimy, lecz przez wychylenie steru wysokości powodujemy zwalenie się szybowca do pionowego w przybliżeniu lotu nurkowego.

W tej fazie ewolucji jest bardzo ważne, by stery trzymać silnie, zabezpieczając się tym samym od wyszarpnięcia ich skutkiem odwróconego opływu.

Ze względu na to, że kierunek ruchu szybowca jest odwrotny niż normalnie, reakcja na stery jest również odwrotna. Ściągnięcie drążka powoduje mianowicie zwalenie się szybowca do przodu — jak mówimy: „przez łeb", podczas gdy oddanie drążka do przodu zwala szybowiec do tyłu, czyli przez plecy.

Gdy tylko szybowiec zdecydowanie zwala się w żądany sposób, powinniśmy wyrównać stery do położenia neutralnego (dotyczy to przede wszystkim steru wysokości, gdyż pozostałe i tak są w neutrum), a natychmiast po przejściu do stromego nurkowania rozpocząć wyprowadzenie przez ściąganie drążka.

Konieczność wycofania steru wysokości do położenia neutralnego tuż po zwaleniu się podyktowana jest tym, że szybowiec albo nie wykonuje wtedy w ogóle wahań dokoła osi poprzecznej, albo wykonuje ich mniej niż przy wychylonym sterze.

Na ogół ślizg na ogon ze zwaleniem przez plecy jest przyjemniejszy ze względu na subiektywne odczucie pilota (mniej przykre wahnięcie przy zwaleniu — małe, ale za to dodatnie przyspieszenie). Ostatniej fazy ślizgu na ogon, tj. wyprowadzenia z nurkowania dotyczą te same uwagi co i czwartej ćwiartki pętli lub wyprowadzenia z przewrotu.

Przy nauce wykonywania ślizgu na ogon łatwo jest popełnić cały szereg błędów.

Nie będziemy tu omawiać wprowadzenia ze zbyt małej prędkości, gdyż zostało to już zrobione przy opisie przewrotu. Trzeba jednak dodać, że ślizg wyglądający jak ćwiartka pętli, po której następuje zwalenie, jest nieefektowny i może być wzięty za nieudany przewrót lub pętlę. Ważne jest, aby pionowe wznoszenie było wyraźnie widoczne.

Błędy kierunku w fazie wznoszenia mogą spowodować zwalenie się szybowca w bok, a więc niewykonanie zamierzonej figury. Opanowanie kierunku przy pionowym wznoszeniu

sprawia zresztą początkującym pilotom sporo kłopotu. Mają oni również sporo kłopotu z określeniem i ustaleniem pionowego wznoszenia.

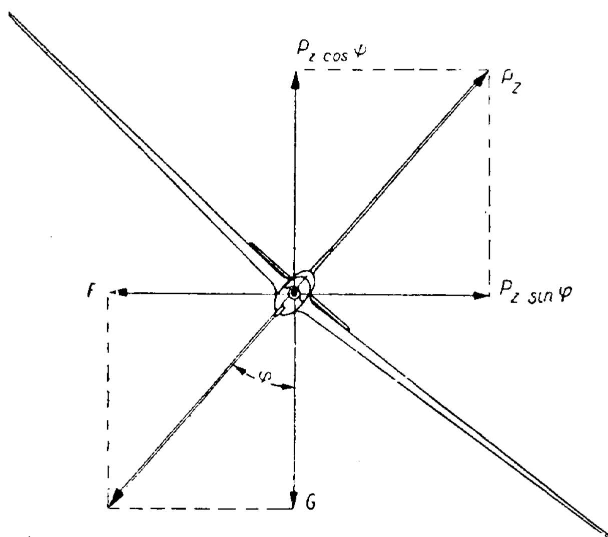
Zbyt mały kąt wznoszenia do ślizgu przez łeb lub zbyt duży — do ślizgu przez plecy — nie uniemożliwiają wykonania tej figury. Natomiast sytuacja odwrotna prawie zawsze prowadzi do bezwładnego i niezamierzonego zwalenia się szybowca (najczęściej bokiem), a tym samym do nieudania się ślizgu.

Błędem jest również słabe trzymanie sterów w czasie ślizgu, co wprawdzie nie wpływa na wygląd figury, ale może w krańcowym wypadku doprowadzić do rozbicia szybowca.

SPIRALA

Spirala jest niczym innym jak głębokim ustalonym krążeniem. W ustalonym krążeniu ciężar szybowca równoważony jest składową pionową wyporu (siły nośnej), a więc:

$$G = Pz \cdot \cos\varphi$$



Rys. 19. Rozkład sił w ustalonym prawidłowym zakręcie

Jak wynika ze wzoru, w miarę przechylania musimy na tyle powiększyć siłę nośną, aby jej składowa zrównoważyła ciężar szybowca. Uzyskujemy to zwiększając kąt natarcia skrzydła przez ściąganie drążka na siebie, a więc zwiększając współczynnik wyporu (Cz), na którym lecimy.

Jeżeli wskutek dużego przechylenia nie wystarcza zwiększenie kąta natarcia, wtedy musimy zwiększyć również prędkość lotu, co także (przy ustalonym Cz) daje zysk na sile nośnej w myśl znanego wzoru:

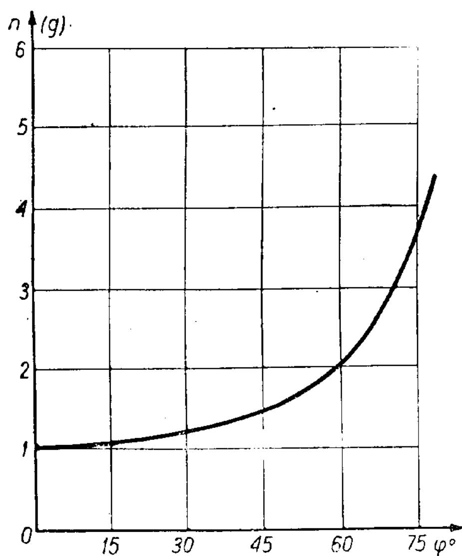
$$Pz = Cz \cdot S \cdot \frac{\rho v2}{2}$$

gdzie Pz = siła nośna,
Cz = współczynnik wyporu,
S = powierzchnia nośna,
ρ = gęstość powietrza,
V = prędkość,

jak wynika z zależności

$$G = Pz \cdot \cos \varphi$$

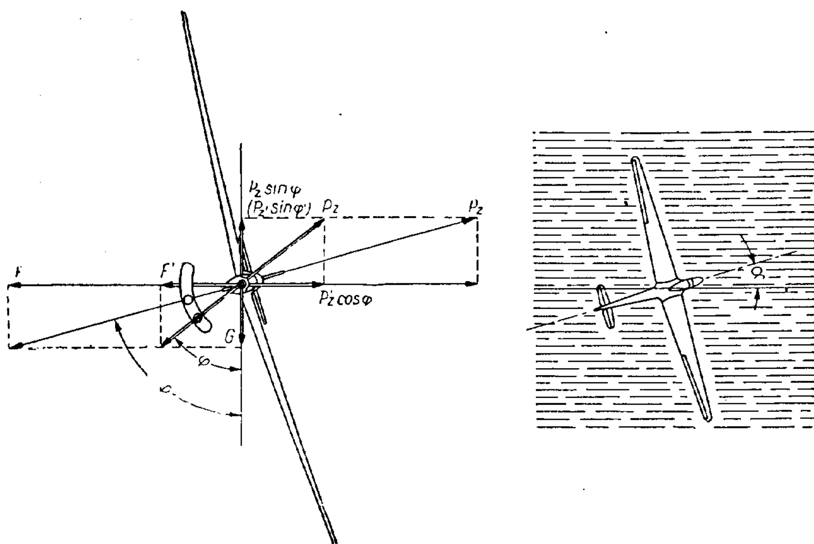
przyspieszenie normalne (działające prostopadle do płaszczyzny utworzonej przez podłużną i poprzeczną oś szybowca) obciążające konstrukcję w prawidłowym zakręcie zależy jedynie od kąta przechylenia szybowca.



Rys. 20. W prawidłowym zakręcie przechylenie szybowca jednoznacznie określa przyśpieszenie normalne

Wielkość przyspieszenia możemy nieco zmniejszyć wykorzystując nośność kadłuba powstającą przy jego bocznym opływie. W takim wypadku kulka

zakrętomierza wskazywać będzie ześlizg, co przy dużych kątach przechyłu nie świadczy o nieprawidłowości spirali.



Rys. 21. W zakręcie o znacznym przechyleniu wykorzystujemy nośność kadłuba kosztem ześlizgu

Do spirali wprowadzamy szybowiec tak jak do zakrętu, tj. przez przechylenie go za pomocą lotek z równoczesnym wychyleniem steru kierunkowego w tę samą stronę.

W miarę przechylania się szybowca zakręcanie „za nogą" powoduje „zejście maski pod horyzont", czemu zapobiegamy stopniowym wycofywaniem wychylenia steru kierunkowego.

Przy przechyleniach jeszcze większych dajemy nawet przeciwne wychylenie steru kierunkowego, czyli „górną nogę". Tym sposobem zwiększamy kąt natarcia kadłuba uzyskując jego nośność. W zakrętach o dużym przechyleniu, więc i w spirali, przyśpieszenie dośrodkowe uzyskujemy przez ściągnięcie drążka „na siebie".

Opisane powyżej korzystanie ze steru kierunkowego i steru wysokości często nazywane jest „zamianą sterów". Oczywiście

określenie takie jest zupełnie nieuzasadnione, o czym będzie jeszcze mowa w dalszym ciągu niniejszej książki.

Wyprowadzenie ze spirali następuje przez zmniejszenie przechylenia z równoczesnym, skoordynowanym ruchem steru kierunkowego. W miarę wyprowadzenia wycofujemy oczywiście stopniowo ściągnięcie drążka, aby zachować kąt lotu ślizgowego.

Najczęściej spotykanymi błędami przy wykonywaniu spirali są nieskoordynowane ruchy sterami, powodujące znaczniejsze ześlizgi lub wyślizgi, oraz zbyt małe ściągnięcie drążka (lot na małych współczynnikach wyporu), które przy dużym przechyleniu prowadzi do konieczności wykonania spirali na prędkości większej niż w istocie potrzebna.

Niewłaściwe posługiwanie się w spirali sterem wysokości może w wypadku zbyt dużego ściągnięcia drążka spowodować przeciągnięcie. Za późne wycofanie ściągnięcia przy wyprowadzaniu jest powodem małej prędkości szybowca już po przejściu do lotu prostego. Następuje wtedy tak zwane „wyskoczenie szybowca nad horyzont“, co również może prowadzić do utraty prędkości.

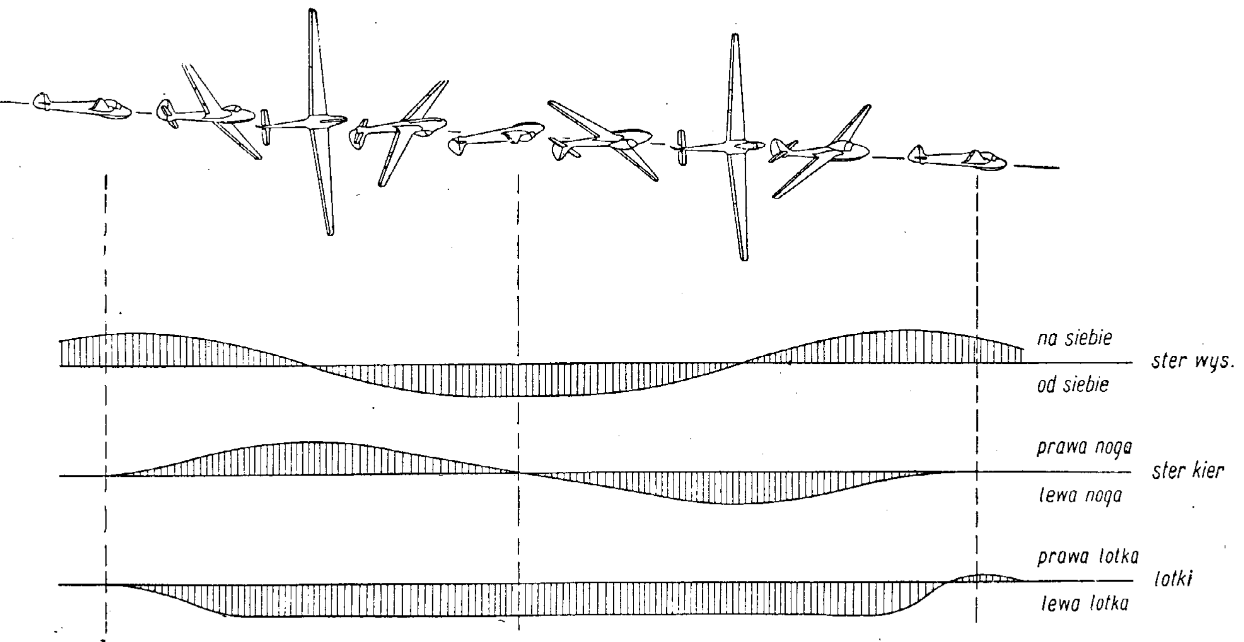
Najlepszym treningiem wprowadzania i wyprowadzania ze spirali jest lot esami lub wykonywanie ósemek.

Spirala, pozornie łatwe, głębokie krążenie, jest w istocie figurą akrobacji, której bezbłędne i absolutnie prawidłowe wykonanie jest stosunkowo trudne i wymaga dużego treningu.

BECZKA STEROWANA

Figurą, która najdobitniej świadczy o zupełnym opanowaniu przez pilota szybowca w każdym położeniu względem ziemi, jest beczka sterowana (niektórzy nazywają ją również beczką powolną).

Jest to wolny, sterowany (gdyż biorą w nim udział wszystkie stery) obrót szybowca dookoła osi podłużnej.



Rys. 22. Beczka sterowana oraz wykres ruchów sterami

Pod względem występujących w beczce sterowanej przyspieszeń, jest to jedna z najmniej obciążających szybowiec figur — oczywiście pod warunkiem prawidłowego jej wykonania.

Wykres przedstawiający zmiany przyśpieszeń zachodzących w czasie sterowanej beczki widoczny jest na rysunku.

Figura ta najzupełniej niesłusznie ma opinię bardzo trudnej, a ci, którzy urabiają jej taką opinię, podają jako argument, że w ciągu jednej tylko beczki czterokrotnie następuje „zamiana sterów". Ma to rzekomo miejsce w pierwszej połowie beczki, gdy w położeniu „nożowym"* ster wysokości działa jak ster kierunkowy i odwrotnie, dalej w położeniu odwróconym, gdy stery wysokości i kierunku działają podobno też przeciwnie, potem zamiana sterów występuje w czasie przejścia do położenia „nożowego" z lotu odwróconego i wreszcie po raz czwarty przy powrocie do normalnego położenia.

Podany sposób rozumowania komplikuje bardzo, a zupełnie niepotrzebnie, przygotowanie się do wykonania sterowanej beczki i przedstawia tę figurę początkującemu pilotowi jako niezwykle trudną. Rozumowanie to można by uznać za słuszne jedynie wtedy, gdybyśmy przy omawianiu działania sterów przyjęli ziemię za układ odniesienia. Jednak założenia takiego robić nie będziemy, byłoby ono bowiem najzupełniej niecelowe.

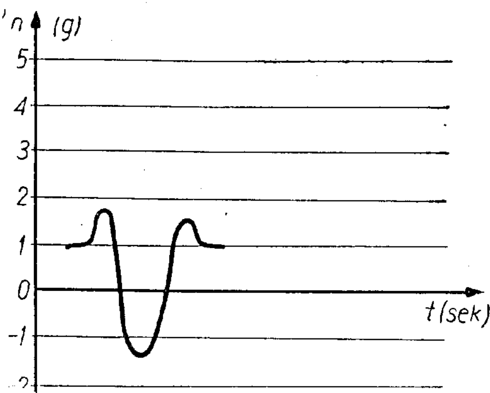
Jedynym układem odniesienia, który możemy przyjąć przy omawianiu działania sterów, jest nasz szybowiec. Jeśli więc zrobimy takie założenie i jeśli w związku z tym zdamy sobie jasno sprawę, że stery zachowują swoje działanie bez względu na położenie szybowca w stosunku do ziemi, to zagadnienie prowadzenia szybowca w powolnej beczce, a tym samym i wykonanie jej, okaże się zupełnie łatwe i proste. Omówmy więc na przykładzie wykonanie sterowanej beczki.

W myśl głęboko zakorzenionej, pozbawionej podstaw teorii o zamianie sterów, występują tu dwie zasadnicze trudności:

---

* Określenie „nożowe" oznacza takie położenie szybowca, w którym skrzydła przyjmują pozycję pionową.

utrzymanie wysokości w położeniu „nożowym" za pomocą steru kierunkowego i odwrotne działanie steru wysokości w położeniu odwróconym. Że nie jest to takie trudne, łatwo się przekonamy przenosząc się na chwilę do kabiny szybowca. Mamy wykonać sterowaną beczkę. Rozpędzamy szybowiec do prędkości nieco mniejszej niż 2 *Vd max* (*Vd max* — prędkość optymalna), przechodzimy do lekko wznoszącego lotu i rozpoczynamy obrót szybowca dookoła osi podłużnej przez wychylenie lotek. Przód szybowca ciągle „celuje" w z góry obrany punkt nad horyzontem, przy czym pamiętać musimy tylko o jednym: ster wysokości i ster kierunkowy służą nam jedynie do utrzymania przodu szybowca w kierunku obranego punktu. Jeśli maska * szybowca „wchodzi nad punkt", oddajemy nieco drążek. Jeśli maska „ucieka" „pod punkt" — ściągamy. Podobnie sterem kierunkowym „naprowadzamy" maskę na obrany kierunek. A więc jeśli maska jest w lewo od punktu, wychylamy ster prawą nogą i odwrotnie, jeśli sytuacja jest przeciwna. Najważniejszą zasadą jest: nie sugerować się położeniem szybowca.



Rys. 23. Wykres przyśpieszeń podczas wykonywania beczki sterowanej

* Pod określeniem „maska" rozumiemy górny obrys tych wszystkich części samolotu czy szybowca, które znajdują się przed nami i są widoczne przez oszklenie limuzyny. Dla samolotów lecących poziomo „maska" bardzo często znajduje się „na horyzoncie". W odniesieniu do szybowców musimy zastosować pewną poprawkę w definicji „maski".

Otóż nie jest to obrys górnej części przodu kadłuba widziany przez pilota, lecz raczej punkt powstały z przebicia linii wzroku pilota z oszkleniem limuzyny. Uzasadnienie powyższego ujęcia jest takie, że szybowce mają na ogół bardzo dobrą widoczność do przodu i w związku z tym nie dałoby się nawet wykonać ustalonego lotu z „maską na horyzoncie" wg definicji słusznej dla samolotów.

Gdyby opisać ruchy sterami w powolnej beczce, to byłyby one następujące. Lekkie ściągnięcie spowoduje „wyjście" maski nad horyzont. Wychylenie lotek, stałe podczas wykonywanej beczki, powoduje obrót dookoła osi podłużnej. W miarę przechylania szybowiec będzie starał się „uciekać" pod obrany punkt. Musimy przeciwdziałać temu wychyleniem steru kierunkowego w stronę przeciwną przechyleniu i wycofaniem ściągnięcia drążka tak, by w położeniu „nożowym" znajdował się on w neutrum (oczywiście chodzi tu o ster wysokości). Po przejściu położenia „nożowego" drążek stopniowo „oddajemy", przy czym największe jego wychylenie przypada na moment, w którym szybowiec przyjął położenie odwrócone. Również w miarę zbliżania się do położenia odwróconego wycofujemy wychylenie steru kierunkowego.

W ten sposób wykonaliśmy już pierwszą połowę sterowanej beczki. Drugą połowę wykonujemy w ten sam sposób, z tym, że kolejność wykonywanych ruchów sterami jest odwrotna.

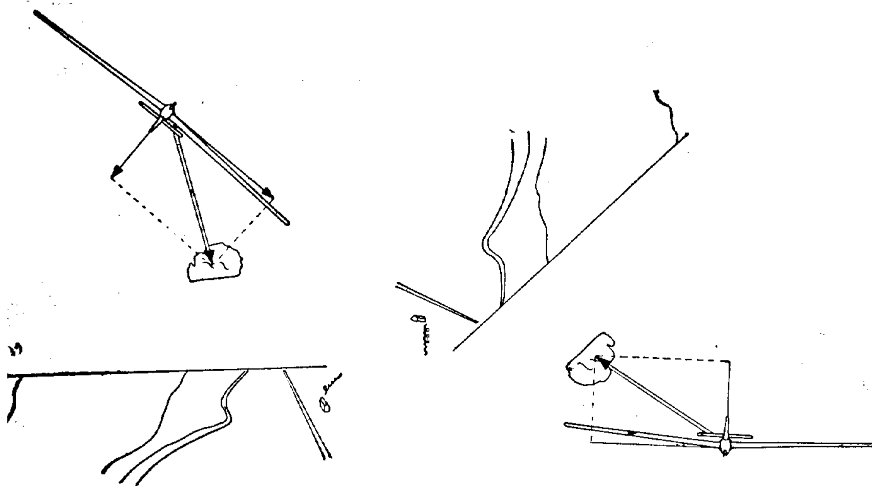
Jak widać z powyższego opisu, w wolnej beczce pracujemy dużo sterami.

Opis ruchów sterami podaję czytelnikowi po to, by mógł zorientować się w sposobie prowadzenia szybowca w sterowanej beczce i przemyśleć jej wykonanie. Kolejności tych ruchów nie należy jednak w żadnym razie traktować jako „recepty" i np. uczyć się ich na pamięć, a potem starać się wg nich wykonać beczkę. Taki system nauki nie prowadzi do pozytywnych wyników.

Dla łatwiejszego zrozumienia tych ruchów przedstawiamy je w formie wykresu.

Opis skomplikowanych ruchów sterami w beczce powolnej jest najlepszym dowodem, że jedynie słuszną metodą nauczenia się beczki sterowanej jest ta, z której trzeba zapamiętać, że stery zachowują swoje działanie i że należy po prostu prowadzić szybowiec „tam, dokąd chce pilot", tj. w kierunku z góry obranego punktu nad horyzontem, mając przy tym cały czas wychylone lotki.

Omówmy teraz kolejno najbardziej typowe błędy spotykane podczas wykonywania sterowanej beczki.



Rys. 24. Wychylenie steru wysokości i kierunkowego naprowadzi maskę szybowca na obrany punkt. Jest ono niezależne od wzajemnego położenia szybowca i ziemi. Istotne jest jedynie położenie obranego punktu względem szybowca

Pierwszy błąd to „uciekanie" szybowca „pod horyzont" połączone z rozpędzaniem się. Błąd ten spowodowany jest obraniem za nisko punktu, w kierunku którego wykonujemy beczkę, lub zbyt małym wychyleniem steru kierunkowego w stronę przeciwną do przechylenia się szybowca w pierwszej fazie figury. Również za późne wycofanie steru wysokości powoduje także przejście szybowca „pod horyzont".

Drugim często spotykanym błędem jest wycofywanie wychylenia lotek w miarę przechodzenia do lotu odwróconego. Pilot, który popełnił ten błąd, najczęściej szybko peszy się przedłużającym się lotem odwróconym i chcąc jak najprędzej wyjaśnić sytuację rozpoczyna wyprowadzanie półpętlą w dół. Ze względu na dużą prędkość rozpoczęcia półpętli prowadzi to

albo do znacznych przyspieszeń, albo do silnego rozpędzenia się szybowca i bardzo dużej straty wysokości. W ogóle jako zasadę przy nauce beczki należy przyjąć, że w każdym wątpliwym wypadku, gdy zależy nam na jak najszybszym powrocie do normalnego położenia, odwracamy szybowiec za pomocą lotek.

Trzecim wreszcie — najczęściej chyba spotykanym błędem — jest utrata kierunku w czwartej ćwiartce beczki. Błąd ten spowodowany jest albo zbyt niskim prowadzeniem maski szybowca w stosunku do horyzontu, albo zbyt wczesnym rozpoczęciem ściągania „na siebie" drążka, albo wreszcie za małym wychyleniem „górnej nogi" w ostatniej fazie beczki.

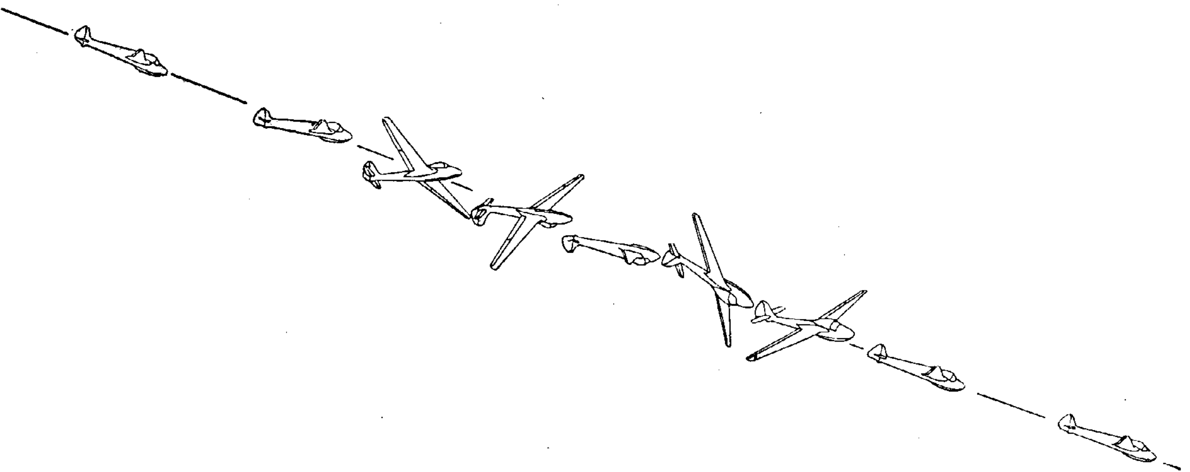
Prawidłowo wykonana beczka sterowana jest bardzo efektowną figurą, która świadczy o wysokich kwalifikacjach pilota.

Prędkość rozpoczęcia i zakończenia beczki powinna być taka sama. Doskonałym treningiem w wykonywaniu tej figury jest robienie jej tak, by zmiana kierunku obrotu szybowca następowała w położeniu odwróconym, tj. na przykład — pół beczki w lewo (do położenia odwróconego), następnie pełna beczka w prawo, potem pełna beczka w lewo i pół beczki w prawo.

Bardzo cenny trening daje również wykonywanie beczek po obwodzie koła np. lewymi beczkami w kółko — w lewo, aż do zamknięcia obwodu.

BECZKA SZYBKA

Po zaznajomieniu się z rozdziałem zawierającym opis korkociągu zrozumienie zasady wykonania szybkiej beczki jest już zupełnie łatwe. Figura ta jest przecież niczym innym jak zwitką korkociągu, tj. obrotem autorotacyjnym — wykonanym w przybliżeniu w poziomie. Różnica pomiędzy beczką szybką a korkociągiem polega także na tym, że wprowadzamy do niej

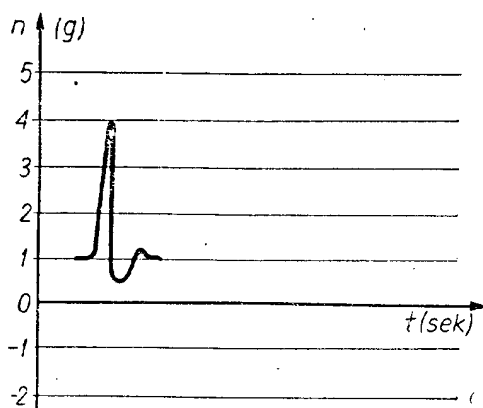


Rys. 25. Beczka szybka

szybowiec z przeciągnięcia na stosunkowo dużej prędkości, tj. z przeciągnięcia dynamicznego.

Szybka beczka jest figurą obciążającą konstrukcję szybowca w dużym stopniu, bowiem oprócz dosyć wielkich (jednak mniejszych niż to się na ogół przypuszcza) przyspieszeń normalnych, działających w kierunku osi pionowej szybowca, występuje ponadto znaczne skręcanie konstrukcji szybowca pochodzące od niesymetrycznego rozkładu wyporu i dużych wychyleń steru kierunkowego.

Warto też dodać, że przyspieszenie w beczce szybkiej bardzo prędko zmienia swoją wartość (jak widać na rysunku).



Rys. 26. Wykres przyśpieszeń podczas wykonywania szybkiej beczki

Maksymalna wartość przyspieszenia w beczce szybkiej wynosi dla szybowców około 3,5—4 g.

Przejdźmy teraz do opisu wykonania tej figury. Prędkość rozpoczęcia wynosi około 1,6 do 1,7 *Vd max* (Vd max — prędkość odpowiadająca lotowi na maksymalnej doskonałości). Trzeba tu zaznaczyć, że szybowce na ogół niechętnie wykonują beczki szybkie, bardzo prędko wytracając w nich prędkość. Jest to spowodowane znaczną rozpiętością i małym obciążeniem powierzchni, charakterystycznym dla konstrukcji szybowcowych. W związku z powyższym, aby chociaż częściowo zapobiec nadmiernemu wytraceniu prędkości przez szybowiec — wykonujemy najczęściej beczkę „pod horyzontem", tzn., że oś figury nie jest pozioma, lecz pochylona w dół. Takie założenie stwarza korzystne warunki rozpędzania szybowca.

Z ustalonej prędkości *Vd max* pochylamy szybowiec dość znacznie „pod horyzont" (około 30°) wychyleniem steru wysokości. Obserwujemy teraz wskazania prędkościomierza i na około 10 km/godz. przed zamierzoną prędkością rozpoczęcia figury wprowadzamy szybowiec w beczkę przez energiczne i szybkie (ale nie brutalne) ściągnięcie drążka „na siebie", połączone z pełnym wychyleniem steru kierunkowego. W wyniku takich ruchów sterami następuje dynamiczne przeciągnięcie i autorotacyjny obrót szybowca w stronę wychylonego steru kierunkowego. Po wykonaniu przez szybowiec prawie pełnego obrotu zatrzymujemy go w położeniu poziomym przez „oddanie" drążka sterowego i przeciwne wychylenie steru kierunkowego (jak w korkociągu).

Tak pokrótce wyglądałby sposób wykonania szybkiej beczki. Sposób ten wymaga jednak pewnych wyjaśnień.

Zaraz po rozpoczęciu przez szybowiec autorotacyjnego obrotu zmniejszamy nieco ściągnięcie drążka, co da w rezultacie mniejsze wyhamowanie prędkości podczas beczki i łatwiejsze zatrzymanie obrotu szybowca po wykonaniu figury.

Niektóre szybowce, zwłaszcza te, które niechętnie ulegają przeciągnięciu, lepiej wykonują szybką beczkę z lotką wychyloną zgodnie ze sterem kierunkowym (w stronę wykonywanej beczki). Na ogół jednak używanie lotek nie jest konieczne.

Zatrzymanie obrotu szybowca po wykonaniu figury powinniśmy rozpocząć jeszcze przed osiągnięciem poziomego położenia skrzydeł. Trudno tu podawać konkretną wartość przechylenia w momencie rozpoczynania wstrzymywania obrotu szybowca, przechylenie to bowiem zależy od bardzo wielu czynników takich jak: typ szybowca, na którym lecimy, prędkość rozpoczęcia figury, wielkość wychylenia sterów w beczce, tempo wychylenia sterów przy wyprowadzaniu i innych.

Najczęściej spotykanymi błędami przy wykonywaniu szybkiej beczki są:

a) niewłaściwa prędkość rozpoczęcia,
b) niewłaściwe tempo akcji sterami przy wprowadzeniu,
c) nieodpowiednie pochylenie osi szybowca przy rozpoczęciu figury,
d) złe położenie sterów w czasie wykonywania beczki,
e) wstrzymywanie obrotu autorotacyjnego w niewłaściwym momencie,
f) niewłaściwa wielkość lub złe tempo wychylenia sterów przy wprowadzaniu.

Omówmy teraz wyżej wymienione błędy. Zbyt mała prędkość wprowadzenia powoduje za małą prędkość po wykonaniu figury, a tym samym trudności z wyprowadzeniem, bo skuteczność sterów może się okazać nie wystarczająca do przerwania autorotacji. Błąd ten daje w rezultacie albo przepadnięcie szybowca w przód, albo korkociąg.

Zbyt duża prędkość rozpoczęcia znacznie obciąża konstrukcję szybowca i powoduje rozwlekły charakter figury (duży promień beczki w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku jej wykonywania).

Niewłaściwe — zbyt wolne — tempo wychylania sterów prowadzi w najlepszym wypadku do wykonania beczki nieco w górę (przejście do wznoszenia przed przeciągnięciem dynamicznym), a więc zakończenia jej na zbyt małej prędkości, a może też uniemożliwiać wykonanie jej w ogóle prowadząc do normalnego korkociągu.

Również zbyt małe pochylenie toru lotu przy rozpoczynaniu figury daje zbyt małą prędkość końcową i utratę sterowności lub korkociąg. Zanadto strome rozpędzanie jest przyczyną czegoś pośredniego pomiędzy beczką szybką a korkociągiem.

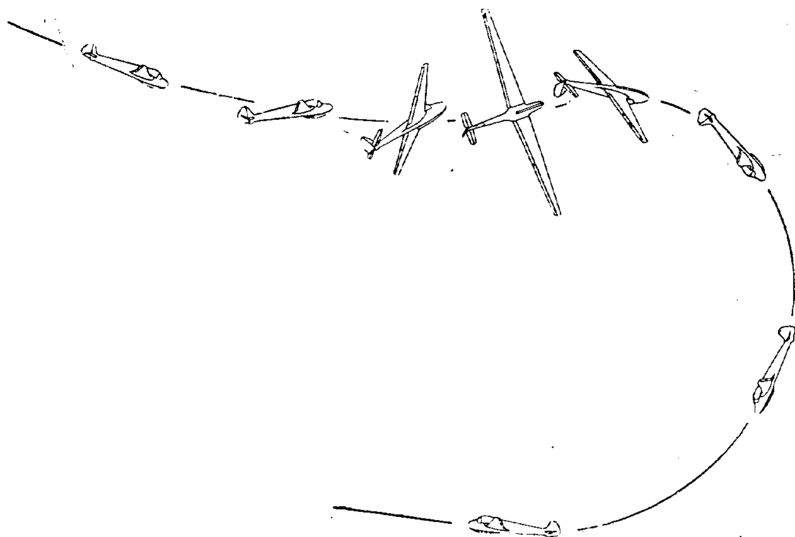
Na charakter wykonywanej figury wpływa ujemnie również nieodpowiednie położenie sterów już w czasie beczki. Całkowite ściągnięcie prowadzi prawie zawsze do nadmiernego wyhamowania prędkości, natomiast zbyt duże zluzowanie ściągnięcia może doprowadzić do zaprzestania obrotu wcześniej, niż to zamierzono.

Najczęściej spotykanym błędem jest wyprowadzenie w niewłaściwym momencie i za mało — lub za energicznie, co w rezultacie daje zatrzymanie obrotu szybowca ze skrzydłami nie w poziomie. W tym wypadku pomagamy sobie wychyleniem lotek, pamiętając, że zbyt wczesne wyprowadzenie i doprowadzenie szybowca lotkami do poziomu mniej szpeci wykonywaną figurę, niż przejście poza poziom i powrót do niego za pomocą lotek.

Podsumowując powyższe trzeba stwierdzić, że beczka szybka stanowi figurę dość trudną do wykonania na szybowcu, zwłaszcza zaś zatrzymanie jej w poziomie wymaga znacznego treningu.

WYWRÓT

Figura akrobacji, którą nazywamy wywrotem, powstaje z połączenia półbeczki z półpętlą, dając zmianę kierunku lotu o 180°. W związku z tym, że półbeczka może być szybka lub

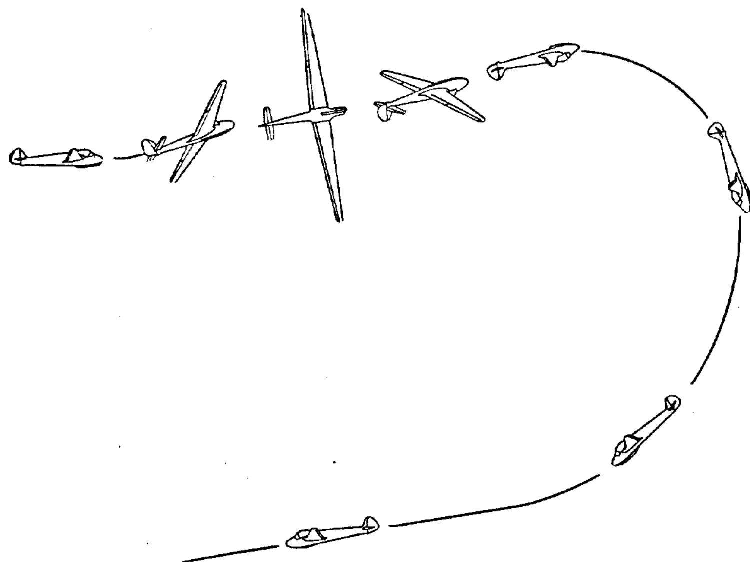


Rys. 27 a. Wywrót szybki

sterowana, rozróżniamy również dwa rodzaje wywrotów: szybki i sterowany.

WYWRÓT SZYBKI

Ze względu na niezbyt dużą prędkość, z której rozpoczynamy szybką półbeczkę, stanowiącą pierwszą fazę wywrotu, figura ta niebardzo obciąża konstrukcję szybowca. Maksymalne przyspieszenie na ogół nie przekracza 3—3,5 *g* (patrz wykres), zaś skręcanie konstrukcji ze względu na mniejszą pręd-

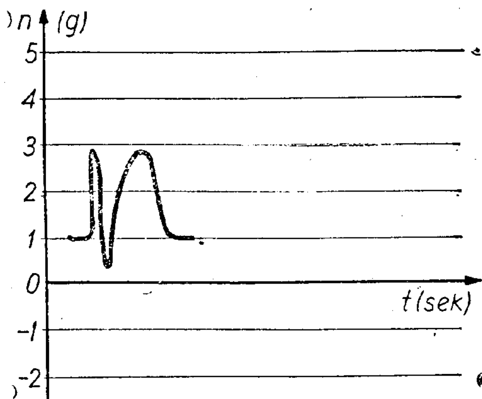


Rys. 27 b. Wywrót sterowany

kość wprowadzenia jest znacznie mniejsze niż w szybkiej beczce. Rozpędzamy szybowiec do prędkości równej około 1,4—1,5 $Vd\ max$ i wprowadzamy jak do szybkiej beczki z tym jednak, że pochylanie go „pod horyzont" nie jest tym razem potrzebne.

Przed osiągnięciem poziomego położenia w pozycji odwróconej rozpoczynamy wstrzymywanie obrotu szybowca, tak by

zaprzestał go, gdy skrzydło znajdzie się w poziomie. Natychmiast wyrównujemy stery do położenia neutralnego i przez ściągnięcie drążka „na siebie“ wyprowadzamy jak w drugiej połowie pętli. Jeśli chodzi o błędy przy wykonywaniu szybkiego wywrotu, to można tu wyliczyć te wszystkie, o których wspominaliśmy przy omawianiu szybkiej beczki i pętli. Dododatkowo należy pamiętać, że zatrzymanie obrotu szybowca niedokładnie w poziomie powoduje skrzywienie wywrotu, tj. wykonanie go w płaszczyźnie pochylonej, a nie pionowej.



Rys. 28. Wykres przyśpieszeń podczas wykonywania szybkiego wywrotu

Wywrót szybki jest jedną z najłatwiejszych figur akrobacji i można go wykonywać po nauce pętli i nawet przed nauką szybkiej beczki.

WYWRÓT STEROWANY

Prawidłowo wykonany wywrót sterowany obciąża konstrukcję szybowca jeszcze mniej niż wywrót szybki, gdyż nie występuje tu dynamiczne przeciągnięcie połączone z dość dużym przyspieszeniem normalnym i skręcaniem.

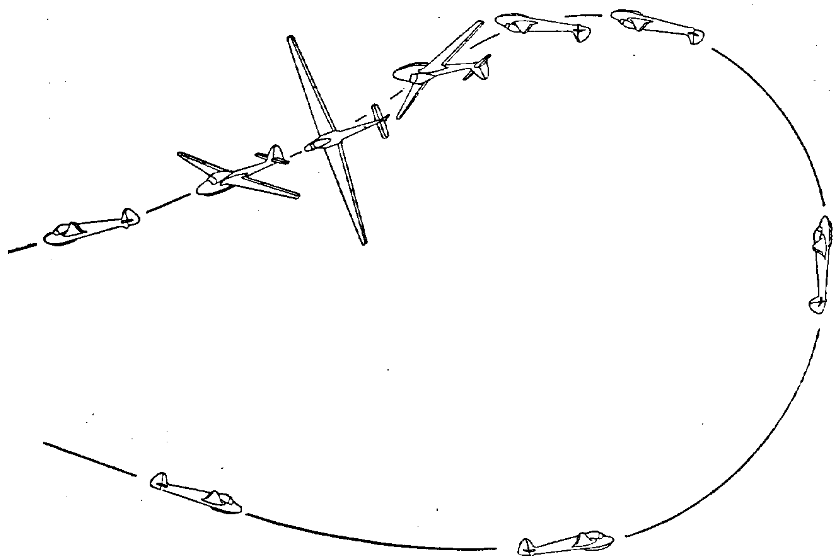
Prędkość rozpoczęcia wywrotu najczęściej równa się 1,5 *Vd max*, a więc jest mniejsza niż dla sterowanej beczki. Aby wyprowadzanie półpętlą, rozpoczynać z możliwie małej prędkości, półbeczkę sterowaną, od której wywrót rozpoczynamy, wykonujemy zawsze ze wznoszeniem. Oczywiście te wszystkie błędy, które możemy popełnić przy robieniu sterowanej beczki czy też pętli, mogą mieć miejsce i przy sterowanym wywrocie. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na to, by przed

rozpoczęciem półpętli mieć możliwie małą prędkość. Jeśli po wykonaniu półbeczki stwierdzimy, że prędkość jest zbyt duża, tj. większa od 1,3—1,4 *Vd max*, powinniśmy albo zmniejszyć ją przez przejście do wznoszenia w locie odwróconym („oddając" drążek) i dopiero wprowadzać w półpętlę, albo dokończyć beczkę sterowaną.

Wyprowadzenie półpętlą ze zbyt dużej prędkości wyjściowej prowadzi do znacznego rozpędzania się szybowca, a więc większej niż normalnie utraty wysokości, a tym samym do znacznych przyspieszeń obciążających niepotrzebnie pilota i szybowiec. Błąd taki popełniony na niezbyt dużej wysokości może być groźny w skutkach.

ZAWRÓT

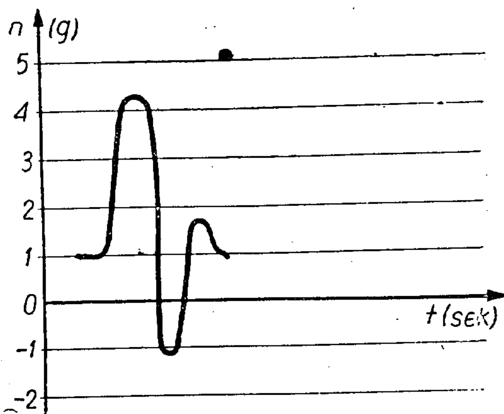
Zawrót jest to figura powstała z połączenia półpętli i półbeczki dająca zmianę kierunku lotu o 180°. Pod względem



Rys. 29. Zawrót

przyspieszeń obciąża on trochę bardziej szybowiec aniżeli pętla, występują tu bowiem przyspieszenia rzędu 4—4,5 *g*. Ponadto przy odwracaniu szybowca sterowaną półbeczką występują niewielkie ujemne przyspieszenia. Wykres przyspieszeń w funkcji czasu podczas wykonywania zawrotu podany jest na rysunku.

Wprowadzenie do zawrotu odbywa się tak jak i do pętli, z tym że prędkość wyjściowa jest nieco większa, wynosi bowiem około 2,5 *Vd max*. Co do wykonania samej półpętli to należy ją tak robić, aby zapewnić sobie dostatecznie dużą prędkość w położeniu odwróconym, gdyż musi ona jeszcze dać możność wykonania sterowanej półbeczki. Zatem po dojściu do położenia odwróconego zaczynamy wychyleniem lotek odwracać szybowiec dookoła jego osi podłużnej. W miarę przechylania się szybowiec zawsze dąży do „wejścia pod horyzont", czemu zapobiegamy wychyleniem steru kierunkowego za pomocą „górnej nogi", tj. w stronę zgodną z wychyleniem lotek (lewa lotka — lewa noga i odwrotnie). Oczywiście po przejściu do położenia odwróconego musimy na tyle „oddać" drążek sterowy, by zapobiec niepotrzebnemu rozpędzaniu się, w miarę zaś odwracania szybowca wycofujemy wychylenie steru, a nawet przechodzimy do ściągania drążka „na siebie" w końcowej fazie (jak w beczce sterowanej).



Rys. 30. Wykres przyśpieszeń podczas wykonywania zawrotu

Często spotykanym błędem przy wykonywaniu zawrotu jest za energiczne ściąganie drążka, które wskutek przejścia szybowca na zbyt duże kąty natarcia powoduje niepotrzebne wy-

hamowanie nadmiaru prędkości, a tym samym za małą prędkość w szczytowym położeniu zawrotu. Utrudnia to lub uniemożliwia odwrócenie szybowca półbeczką. W krańcowym wypadku za silne ściągnięcie może doprowadzić do dynamicznego przeciągnięcia szybowca, a więc czegoś w rodzaju szybkiej beczki w locie wznoszącym.

Również zbyt łagodne ściąganie drążka w pierwszej fazie zawrotu powoduje za małą prędkość u szczytu figury.

Przy nauce zawrotu początkujący piloci prawie zawsze mają spore trudności z dobraniem odpowiedniego położenia w stosunku do horyzontu przed rozpoczęciem półbeczki. Zbyt wczesne (za wysoko nad horyzontem) rozpoczęcie odwracania szybowca prowadzi najczęściej do utraty prędkości i zwalenia się lub wejścia w korkociąg. Błąd ten połączony z za dużym „oddaniem" drążka może doprowadzić nawet do korkociągu odwróconego (jeśli ster kierunkowy jest wychylony).

Zbyt „niskie" (pod horyzontem) odwracanie szybowca półbeczką prowadzi do niepotrzebnego rozpędzania się i prawie zawsze kończy się niemożnością utrzymania kierunku w zawrocie oraz utratą wysokości.

Do drugiej fazy zawrotu odnoszą się te wszystkie uwagi co i do sterowanej beczki.

Warto tu jeszcze dodać, że w wypadku za małej prędkości po wykonaniu półpętli możemy albo zrezygnować z dalszego robienia zawrotu i dokończyć normalną pętlę, albo przytrzymać szybowiec w locie odwróconym i po nabraniu odpowiedniej prędkości wykonać sterowaną półbeczkę. W ten sposób wykonany zawrót jest wprawdzie figurą mniej efektowną, jednak dodatnio świadczy o orientacji pilota i poziomie jego techniki pilotażu.

Dobrze wykonany zawrót na szybowcu jest jedną z trudniejszych figur akrobacji.

LOT ODWRÓCONY

Pisząc o akrobacji niesposób po prostu pominąć opisu lotu odwróconego. Nie jest on wprawdzie figurą akrobacji, ale jest stanem lotu, w którym przy wykonywaniu akrobacji pilot bardzo często się znajduje.

Zacznijmy więc od definicji. Lot odwrócony jest to taki lot, w którym szybowiec leci na ujemnych współczynnikach wyporu i w którym ponadto występuje położenie odwrócone.

Powyższa definicja, może niezbyt ścisła, jest jednak słuszna, bowiem na wrażenie pilota i technikę pilotażu ma jeszcze większy wpływ odwrócone położenie szybowca aniżeli odwrotny kierunek działania siły nośnej.

Przy wykonywaniu prostego lotu odwróconego szybowiec znajduje się pod wpływem przyspieszenia „—1*g*",każde zaś przejście na większe ujemne wartości *Cz* (współczynnika wyporu) powoduje jeszcze wzrost ujemnego przyspieszenia. Również w zakrętach w locie odwróconym przyspieszenia w zależności od przechyleń mają bezwzględną wartość większą od „—1*g*".

Wykonując loty odwrócone musimy pamiętać, że wytrzymałość szybowca na przyspieszenia ujemne jest na ogół o połowę mniejsza niż na przyspieszenia dodatnie. Dlatego też wszelkie ewolucje w locie odwróconym powinniśmy wykonywać znacznie „delikatniej" niż w locie normalnym. Pewnego rodzaju zabezpieczeniem jest tu również mniejsza wytrzymałość organizmu ludzkiego na ujemne przyspieszenia i związane z tym na ogół złe samopoczucie pilota pod wpływem tychże przyspieszeń.

Przejdźmy teraz do omówienia samej techniki wykonywania lotów odwróconych.

WPROWADZENIE

Wprowadzenia dokonujemy przez obrót szybowca dookoła osi podłużnej, tj. półbeczką sterowaną lub szybką, albo też przez obrót dookoła osi poprzecznej, tj. półpętlą normalną lub

odwróconą. Istnieją jeszcze inne „wyszukane“ sposoby wprowadzania do lotu odwróconego, jak np. z przewrotu, ślizgu na ogon itp., jednak są to sposoby nietypowe, a zasada ich zawsze da się sprowadzić do wspomnianego wyżej wprowadzenia za pomocą obrotu szybowca dookoła osi podłużnej lub poprzecznej.

Najbardziej godne polecenia jest wprowadzenie półbeczką sterowaną. Przemawiają za tym następujące argumenty:

1) szybowiec wprowadzony tym sposobem leci cały czas po torze, który jest równocześnie torem dalszego lotu odwróconego,
2) pilot cały czas steruje, tj. panuje nad ruchem szybowca.

Wprowadzenie do lotu odwróconego za pomocą półbeczki szybkiej jest również bardzo łatwe — zwłaszcza jeśli umiemy już wykonywać szybki wywrót.

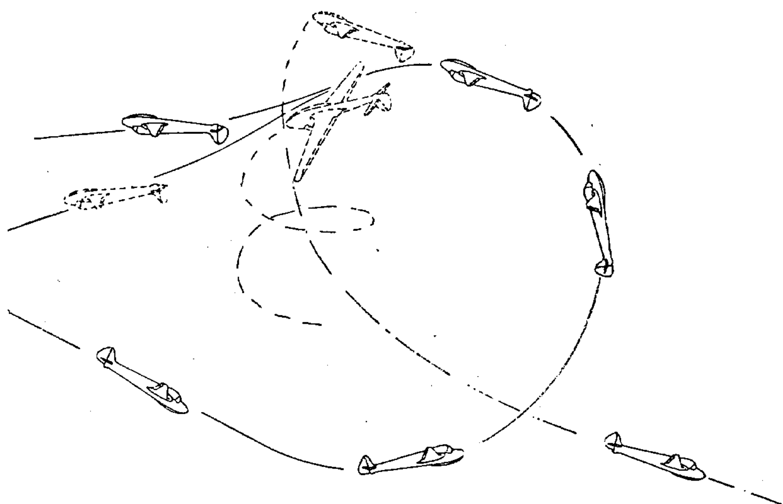
W wypadku obydwu wyżej opisanych sposobów popełnić możemy tylko dwa rodzaje błędów. Pierwszy to przejście do lotu odwróconego ze zbyt dużą lub za małą prędkością, drugi to zatrzymanie obrotu w beczce przy położeniu skrzydeł nie w poziomie.

Pierwszy z tych błędów naprawiamy już w locie odwróconym za pomocą wychyleń steru wysokości, drugi przez poprawienie ewentualnego zwisu lotkami.

A teraz omówmy pokrótce wprowadzenie półpętlą. Chociaż sama pętla jest figurą bardzo łatwą — znacznie łatwiejszą niż beczka sterowana — to jednak po wykonaniu półpętli zapewnienie sobie wystarczającej prędkości przed przejściem do właściwego lotu odwróconego oraz uchwycenie odpowiedniego położenia szybowca w stosunku do linii horyzontu nie jest w praktyce takie proste.

Zbyt „wysokie“ wczesne wyrównanie szybowca w położeniu odwróconym prowadzi do „przepadnięcia plecami“, a w rezultacie do konieczności natychmiastowego wyprowadzenia półpętlą lub jeśli drążek został zbyt energicznie oddany, a ster kierunkowy nie jest w położeniu neutralnym, do korkociągu odwróconego.

Zbyt późna reakcja sterem wysokości, tzn. „za niskie“ późne wyrównanie szybowca, powoduje rozpędzanie się w locie odwróconym, co znowu daje stosunkowo duże lub długotrwałe ujemne przyśpieszenia albo zmusza do wyprowadzenia sterowaną półbeczką „pod horyzontem“.



Rys. 31. Zbyt wczesne wyprowadzenie w położeniu odwróconym prowadzi do przeciągnięcia i ewentualnego korkociągu odwróconego. Natomiast zbyt późne wyprowadzenie prowadzi do nurkowania w locie odwróconym.

Wyprowadzenie z nurkowania odwróconego przez ściągnięcie drążka (normalną półpętlą) prowadzi zawsze do znacznego rozpędzania się szybowca i dużych przyspieszeń, przy znacznej stracie wysokości. Ponadto każde — nawet najbardziej prawidłowe — przejście do lotu odwróconego półpętlą normalną daje przyspieszenia ujemne, większe co do bezwzględnej wartości od „— 1*g*“.

Wprowadzenie półpętlą odwróconą z lotu normalnego wymaga opanowania tej figury, dlatego najzupełniej nie nadaje się dla początkujących akrobatów.

Pętli odwróconej, w tym i półpętli odwróconej z lotu normalnego, poświęcony jest osobny rozdział, a więc nie będziemy się nimi na razie zajmować.

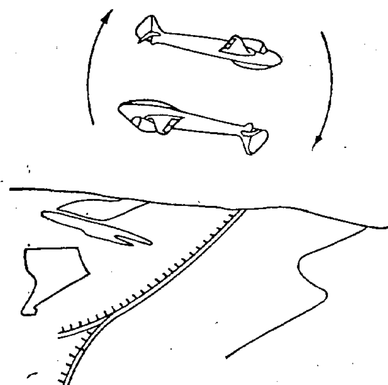
LOT ODWRÓCONY

Wrażenia, jakich doznaje pilot w pierwszym locie odwróconym, są dość silne i w pewnym sensie zaskakujące. Widok ziemi nad — a nieba pod sobą i w dodatku „zwisanie na pasach" na ogół bardzo peszą początkujących akrobatów. W związku z tym jest wysoce pożądaną rzeczą, by pilot szkolący się w akrobacji szybowcowej miał możność wykonania kilku sterowanych beczek i kilku lotów odwróconych na dwuosobowym samolocie, gdyż akrobacyjnego szybowca dwuosobowego niestety na razie nie mamy.

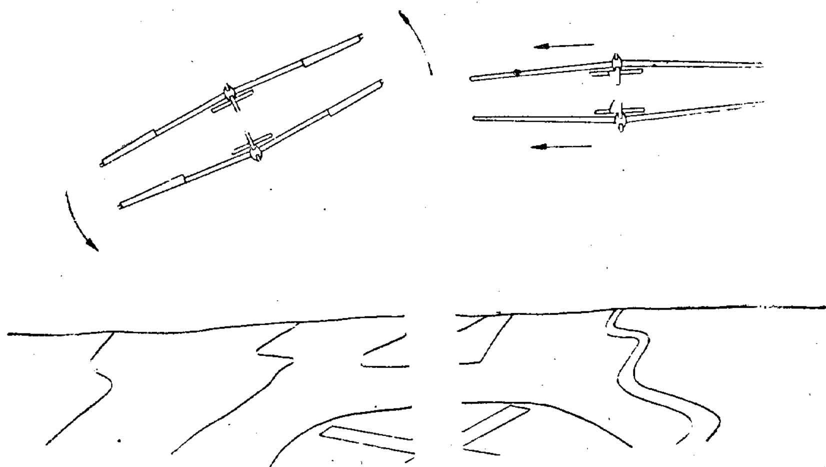
Omawiając lot odwrócony należy zaznaczyć, że skutek działania wszystkich sterów nie ulega żadnej zmianie, a pozorne różnice spowodowane są tylko zmianą wzajemnego położenia szybowca i ziemi.

A więc — „oddanie" drążka powoduje zawsze pochylenie szybowca „od pilota", „ściągnięcie" — odwrotnie. Wychylenie lotek powoduje zawsze obrót szybowca dookoła osi podłużnej w kierunku wychylonego drążka, a ster kierunku obrót szybowca dookoła osi pionowej zgodnie z kierunkiem, w którym go wychylono. W pierwszych lotach odwróconych powinniśmy postawić sobie za zadanie opanowanie działania steru wysokości. Najłatwiej jest zrealizować to ucząc się najpierw lotów prostych na ustalonej prędkości. Z kolei przechodzimy do nauki zmian prędkości. Przed przystąpieniem do tego etapu szkolenia (lot odwrócony) musimy zdać sobie sprawę z faktu, że prędkość przeciągnięcia statycznego w locie odwróconym jest nieco większa niż w locie normalnym.

Następnym etapem szkolenia jest opanowanie sterowania poprzecznego (lotkami). Duże zasługi oddaje tu zapamiętanie prostej formułki: „lotka podpiera zwisające skrzydło", w myśl



Rys. 32 a. Bez względu na położenie szybowca w stosunku do ziemi skutek wychylenia steru wysokości jest zawsze taki sam



Rys. 32b. Skutek działania lotek w locie odwróconym jest taki sam jak w locie normalnym

Rys. 32c. W locie odwróconym, podobnie jak w locie normalnym, szybowiec „zakręca za nogą"

której wszelkie zwisy szybowca w pozycji odwróconej wyrównujemy przez wychylenie drążka sterowego właśnie w stronę zwisu.

Podobnie jak przy nauce posługiwania się sterem wysokości tak i tu zaczynamy od nauki wykonywania lotów bez zwisów, a potem przechodzimy do świadomego powodowania zwisów i wyrównywania ich.

Stosunkowo najwięcej kłopotu sprawia uczącym się opanowanie sterowania kierunkowego. Pilotom najczęściej „mylą się nogi" w lotach odwróconych. Prawie zawsze jest to spowodowane tym, że pilot za wcześnie rozpoczyna naukę wykonywania zakrętów, nie mając jeszcze opanowanej techniki pilotowania szybowca przy użyciu wszystkich sterów.

Jeśli jednak zapamiętamy sobie prostą i najzupełniej zgodną ze wszystkim, co dotychczas powiedzieliśmy, regułę, że „szybowiec zakręca za nogą", to również i to zagadnienie okaże się w praktyce wcale nietrudne.

Teraz dopiero powinniśmy rozpocząć naukę wykonywania zakrętów. Pierwsze ćwiczenie to niewielkie zakręty o dowolnej zmianie kierunku z zachowaniem ustalonej w przybliżeniu prędkości lotu. Mają one na celu jak najdalej idącą koordynację pracy lotkami i sterem kierunkowym. W dalszym ciągu uczymy się wykonywania zakrętów ustalonych, przy czym największy nacisk powinniśmy położyć na ustaloną prędkość kątową, przechylenie i prędkość lotu. O prawidłowości wykonania zakrętu odwróconego łatwo możemy się przekonać obserwując pęcherzyk powietrza znajdujący się w rurce chyłomierza poprzecznego. Pęcherzyk ten, podobnie jak kulka w locie normalnym, powinien zajmować centralne położenie.

Wreszcie ostatnim etapem nauki lotów odwróconych jest opanowanie orientacji w tym położeniu szybowca i związana z tym umiejętność wyprowadzenia szybowca z zakrętu na żądany kierunek. Początkowo najłatwiej jest wyprowadzać szybowiec w kierunku pod słońce lub w stronę charakterystycznego punktu na horyzoncie. Po opanowaniu orientacji w po-

zycji odwróconej kwestia wyprowadzania na żądany kierunek staje się niemal tak prosta jak w locie normalnym.

Najłatwiej jest orientować się w terenie odchylając głowę do tyłu. Widoczność z kabiny każdego szybowca staje się wtedy doskonała.

WYPROWADZENIE

Podobnie jak przy wprowadzaniu do lotu odwróconego tak i przy wyprowadzaniu istnieją dwa zasadnicze sposoby. Mianowicie: półbeczką sterowaną albo półpętlą normalną lub odwróconą. Technika wykonywania tych figur znana jest już z osobnych rozdziałów. Pozostałe sposoby wyprowadzania (jak z przewrotu odwróconego, ślizgu na ogon itp.) można podciągnąć pod jeden z dwóch wyżej wymienionych.

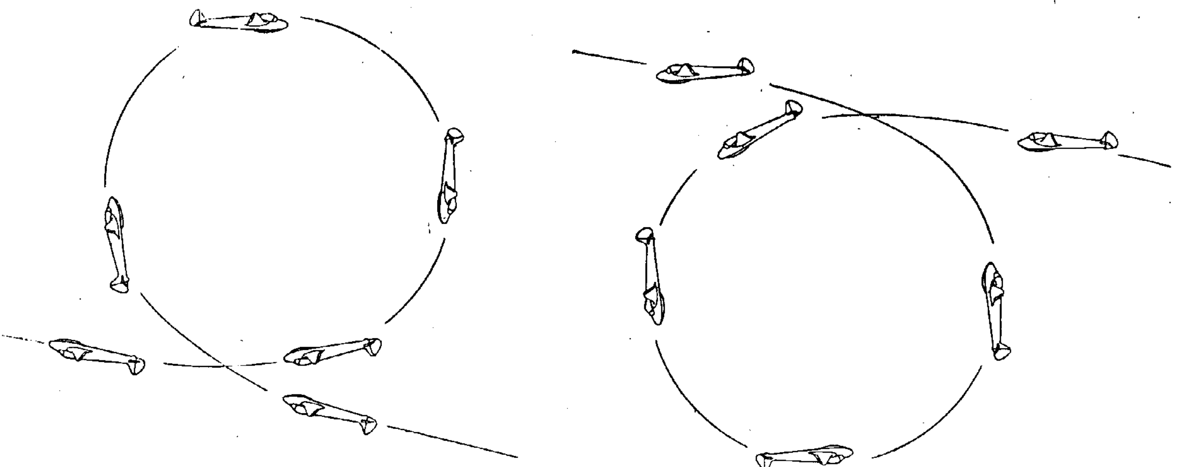
We wszystkich wypadkach, gdy prędkość w locie odwróconym jest większa od 1,3—1,4 *Vd max*, nie należy wyprowadzać półpętlą normalną (w dół), jest to bowiem połączone ze znacznym rozpędzeniem się szybowca, dużą stratą wysokości i dużymi przyspieszeniami. W takich wypadkach należy dać pełne wychylenie lotek i wyprowadzić chociaż nawet zupełnie nieprawidłową, ale jednak półbeczką.

Wyprowadzanie półpętlą odwróconą (do góry) stwarza młodemu pilotowi warunki do nauczenia się tej figury, ale o tym będzie mowa w innym rozdziale.

Na zakończenie omawianego tematu można dodać, że umiejętność wykonywania lotów odwróconych po prostej i w zakrętach oraz orientacja w tym położeniu jest dowodem naprawdę pełnego opanowania techniki pilotażu szybowca.

PĘTLA ODWRÓCONA

Figurę analogiczną do pętli normalnej, jednak wykonaną na ujemnych współczynnikach wyporu, nazywamy pętlą odwróconą. Inaczej mówiąc jest to pętla z lotu odwróconego.



Rys. 33. Pętla odwrócona a) z lotu odwróconego („w górę"), b) z lotu normalnego („w dół")

Niektórzy nazywają tę pętlę zewnętrzną, gdyż pilot przez cały czas jej trwania jest „wyrzucany" na zewnątrz kabiny wskutek ujemnego przyśpieszenia oraz znajduje się na zewnątrz kręgu pionowego, który wykonuje.

Figura ta jest dość rzadko wykonywana, gdyż zachodzące w niej przyspieszenia ujemne są najczęściej na granicy wartości dopuszczalnych. Wielkość maksymalnych ujemnych przyspieszeń wynosi około „—3" do „—3,6" *g*.

Jest to wartość bardzo wysoka, jeśli zważymy, że wytrzymałość szybowca na przyspieszenia ujemne jest w przybliżeniu o połowę mniejsza niż na przyspieszenia dodatnie.

Przed wojną nie mieliśmy szybowca, na którym można by figurę tę wykonywać nie narażając się na rozbicie go w powietrzu. Dziś pętlę odwróconą śmiało możemy robić na naszym akrobacyjnym szybowcu typu I.S.-4 „Jastrząb".

Pętlę odwróconą wykonywać można w dwojaki sposób: albo z lotu odwróconego w górę, albo też z lotu normalnego w dół. Różnica polega jedynie na tym, że pierwszą rozpoczynamy i kończymy w locie odwróconym, drugą w locie normalnym.

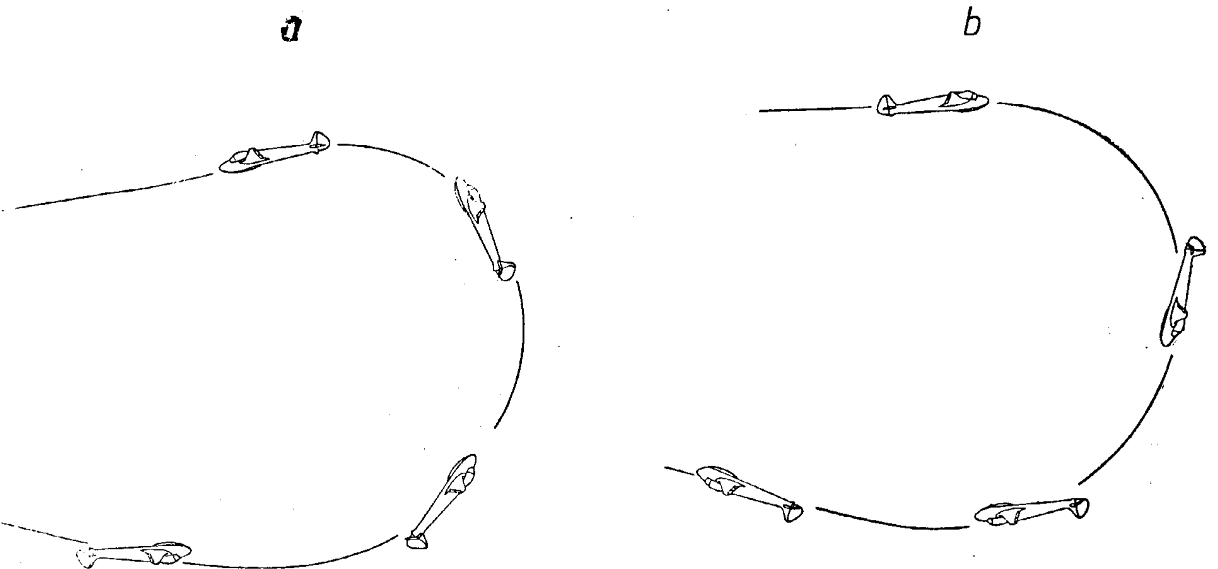
Obydwie te figury składają się z tych samych połówek, a różnica polega tylko na tym, od której połówki ją zaczniemy.

Zwykle rozpoczynamy naukę od półpętli z lotu odwróconego w górę.

Aby ją wykonać, musimy przeprowadzić szybowiec do lotu odwróconego, a następnie rozpędzić go do prędkości około 2,5 $Vd\ max$. Rozpędzamy szybowiec niezbyt stromo, jednak na tyle szybko, by nie męczyć się niepotrzebnie długotrwałym, ujemnym przyspieszeniem.

Po uzyskaniu żądanej prędkości sprawdzamy, czy lecimy po prostej i bez zwisów i rozpoczynamy wprowadzanie szybowca przez oddanie drążka „od siebie". W tym momencie dość znacznie wzrasta przyspieszenie ujemne, czym nie należy się peszyć, jest to bowiem zjawisko najzupełniej normalne.

Przez analogię do pętli normalnej właśnie w tej fazie lotu przyspieszenie osiąga swoją największą wartość. W miarę



Rys. 34. Półpętla odwrócona a) z lotu odwróconego „w górę“, b) z lotu normalnego „w dół“

wznoszenia się w półpętli — prędkość i przyspieszenie ujemne maleją. Dla pilota jest to jak gdyby przypomnienie, by przez dalsze stopniowe „oddawanie“ drążka zmniejszał promień figury, w przeciwnym bowiem razie u szczytu będzie miał zbyt małą prędkość i szybowiec może z tego powodu zwalić się. Po dojściu do położenia, jakie w przybliżeniu zajmuje szybowiec w locie normalnym, wycofujemy „oddanie“ drążka, jeśli mieliśmy na celu wykonanie tylko połowy pętli.

Przejdźmy teraz do omówienia błędów popełnianych najczęściej przez pilotów. Błędy są zasadniczo dwóch rodzajów: zbyt mała prędkość u szczytu figury lub też półpętla „skrzywiona“. Mała prędkość spowodowana jest albo zbyt łagodnym „oddawaniem“ drążka, albo za małą prędkością wyjściową. Rzadko tylko może się zdarzyć, by powodem było wykonanie figury na zbyt dużych ujemnych kątach natarcia, co spowodowałoby wyhamowanie prędkości. Taka przyczyna pociągałaby za sobą duże ujemne przyspieszenia, których początkujący piloci unikają „jak ognia“.

Skrzywienie się półpętli bywa spowodowane albo wprowadzeniem już ze zwisem, albo też mimowolnym wychyleniem steru kierunkowego w trakcie wykonywania ewolucji.

Błąd na skutek użycia lotek jest wynikiem wykonania figury w płaszczyźnie pochylonej, a nie, jak zamierzano, pionowej, co w wypadku półpętli daje wyprowadzenie w kierunku przeciwnym do kierunku wprowadzenia jednak z pewnym przesunięciem w bok.

Błąd powstały przez niewłaściwe lub mimowolne użycie steru kierunkowego powoduje wykonanie figury po linii spiralnej, a więc daje i przesunięcie w bok, i zmianę kierunku o kąt inny niż 180° w stosunku do kierunku wprowadzenia.

Po opanowaniu półpętli z lotu odwróconego przechodzimy do nauki drugiej części pętli zewnętrznej, tj. do półpętli z lotu normalnego w dół.

Jest ona łatwiejsza niż połówka pierwsza, jednak wymaga przezwyciężenia przez uczącego się pilota dość sporej emocji, jaką daje przejście poza położenie pionowe lecącego w dół ze

wzrastającą prędkością szybowca. Figurę tę rozpoczynamy z małej, bo wynoszącej zaledwie V p* + 15 km/godz., prędkości. Przyczyna jest oczywista. Ponieważ półpętla taka daje nam utratę wysokości, więc kosztem tejże wysokości wzrośnie prędkość lotu.

Wprowadzamy szybowiec przez zdecydowane „oddanie" drążka. Od razu pojawia się ujemne przyspieszenie, jednak początkowo niewielkie. Wyraźny jego wzrost odczuwamy dopiero po przejściu przez pionowe położenie.

Jeśli odczujemy, że przyspieszenie osiąga wartość zbliżoną do tego, które występuje w pierwszej fazie półpętli z lotu odwróconego, powinniśmy nieco zmniejszyć wychylenie steru, pamiętając jednak o tym, że zbyt duży promień figury zwiększa czas jej trwania i daje w rezultacie dużą stratę wysokości połączoną ze znacznym wzrostem prędkości. Po przejściu do lotu odwróconego wyprowadzamy szybowiec sterowaną półbeczką.

Podobnie jak w półpętli z lotu odwróconego możemy popełnić tu błędy polegające na nieodpowiedniej prędkości lub „skrzywieniu" figury.

Zbyt duża prędkość rozpoczęcia jest niebezpieczna, gdyż może doprowadzić do przekroczenia prędkości dopuszczalnej lub nadmiernego rozpędzenia się w nurkowaniu odwróconym. Jeżeli pilot usiłuje w takim wypadku dokończyć figurę, może to spowodować bardzo duże przyspieszenie ujemne, niebezpieczne zarówno dla organizmu człowieka, jak i dla konstrukcji szybowca. W razie stwierdzenia podobnej sytuacji należy n a t y c h m i a s t odwrócić szybowiec do lotu normalnego przy użyciu lotek.

Za mała prędkość rozpoczęcia może przy dużym wychyleniu steru wysokości spowodować autorotację na ujemnych kątach natarcia, mimo iż jesteśmy w położeniu normalnym, a nie odwróconym. Taki sam skutek może mieć zbyt energiczne (brutalne) oddanie drążka przy rozpoczynaniu półpętli w dół.

---

* Vp — prędkość przeciągnięcia.

Błąd spowodowany niewłaściwym czy mimowolnym użyciem lotek lub steru kierunkowego daje wyniki, które omawiano przy opisie półpętli z lotu odwróconego.

Po zakończeniu nauki półpętli z lotu normalnego przystępujemy do składania ich w jedną całość — w pełną pętlę odwróconą. Pełną pętlę również wykonywać możemy rozpoczynając ją z lotu odwróconego albo też z normalnego. Obydwie połówki możemy doskonale łączyć ze sobą, po półpętli bowiem z lotu odwróconego mamy małą prędkość, co właśnie stanowi odpowiednie warunki do rozpoczęcia półpętli w dół. Odwrotnie, po półpętli w dół duża prędkość pozwala na wykonanie drugiej połowy figury.

Wielu pilotów nie wykonuje pętli odwróconej, gdyż boją się — powiedzmy delikatniej — mają wątpliwości — czy zniosą dość duże ujemne przyspieszenia, które tu występują. Oczywiście, że wytrzymałość człowieka na wpływy przyspieszeń jest rozmaita. Jednak ten rząd wielkości przyspieszeń, z jakimi mamy do czynienia przy wykonywaniu zewnętrznej pętli, zniesie bez trudności organizm każdego pilota, który w ogóle wytrzymuje zwykłą akrobację. Stwierdzenie takie z pewnością nie uspokoi tych, którzy mają wątpliwości i uważam, że każdy pilot powinien sam przekonać się o tym. Jeśli wytrzymuje lot odwrócony po prostej — powiedzmy przez minutę — lub zakręt odwrócony o 360°, to z całą pewnością może przystąpić do nauki pętli. Ale i tu jeszcze mogą znaleźć się ludzie niedostatecznie przekonani o swojej wytrzymałości. Właśnie dlatego naukę rozpoczynamy od półpętli w górę. Jeśli bowiem pilot spostrzeże, że wykonanie tej ewolucji przekracza jego możliwości ze względu na zbyt duże przeciążenia, to przecież zawsze może wyprowadzić czy to półbeczkę sterowaną we wznoszeniu, czy też, jeśli decyzja powzięta została zbyt późno i szybowiec znajduje się w zbliżonym do pionowego położenia, wyrównać stery i po całkowitej utracie prędkości oraz zwaleniu się wyprowadzić z nurkowania.

Znacznie gorzej wyglądałaby sytuacja przy wykonywaniu półpętli w dół, największe bowiem z występujących tu przy-

spieszeń zachodzą już po przejściu pionowego położenia, a późna decyzja przerwania figury postawiłaby pilota w naprawdę kłopotliwym położeniu. Muszę tu jednak dodać dla pocieszenia przyszłych akrobatów, że przyspieszenia w półpętli w dół w żadnym razie nie są większe niż w półpętli do góry, a najczęściej nawet wartości ich są nieco mniejsze.

ŁĄCZENIE FIGUR

W poprzednich rozdziałach omówiliśmy figury akrobacji, które poza wywrotem i zawrotem stanowiły każda dla siebie pewną całość.

Wywrót i zawrót natomiast składały się z elementów beczki i pętli, a więc były połączeniem dwóch różnych figur. Właśnie przez takie łączenie elementów różnych figur możemy znacznie rozszerzyć swój „akrobacyjny repertuar". Tych możliwości jest ogromna ilość i trzeba by grubej księgi, by je wszystkie wymienić. Omówmy więc tylko najczęściej spotykane.



Jedną z najbardziej popularnych „składanych" figur jest wywrót w pionie, a więc połączenie sterowanej półbeczki wykonanej prawie pionowo w górę z ¾ pętli.

Ta naprawdę efektowna figura jest w wykonaniu znacznie łatwiejsza od poziomego wywrotu sterowanego, ponieważ przy wykonywaniu beczki w pionie prawie w ogóle nie potrzeba używać ani steru wysokości, ani kierunkowego.

Rozpędzamy szybowiec do dość znacznej prędkości, co najmniej 2,5 *Vd max,* (a więc tyle co do zawrotu) i przez ściągnięcie przechodzimy do pionowego wznoszenia. Po zakrzywieniu toru lotu do góry jedynie wychyleniem lotek wykonujemy obrót szybowca o 180° dookoła jego osi podłużnej. Ster wysokości i kierunkowy nie biorą w tym manewrze udziału podobnie jak w pionowej beczce sterowanej, ponieważ kierunek działania przyspieszenia ziemskiego jest zgodny z obecnym kie-

runkiem osi podłużnej szybowca, a więc przyspieszenie ziemskie wpływa tylko na zmianę prędkości lotu ku górze, nie powodując zmian toru lotu w wykonywanej figurze. Jedyną trudnością, z którą spotyka się pilot, to możliwie dokładne określenie, *czy rzeczywiście wykonał pół beczki, tj. obrót o 180°*, a nie *mniej lub więcej.*

Dla pokonania tych trudności dobrze jest zastosować następującą metodę: przed rozpoczęciem figury wybieramy charakterystyczny — możliwie rzucający się w oczy i bardzo wyraźny punkt na horyzoncie, leżący w kierunku lotu szybowca. Po przejściu do pionowego wznoszenia i rozpoczęciu półbeczki silnie odchylamy głowę do tyłu i gdy zobaczymy wyznaczony punkt, będzie to znaczyło, że wykonaliśmy obrót o 180°.

Wycofujemy wtedy wychylenie lotek zatrzymując obrót szybowca i przez ściągnięcie drążka na siebie rozpoczynamy drugą i następne ćwiartki pętli (razem ¾). Wywrót w pionie, podobnie jak normalny wywrót, daje w rezultacie zmianę kierunku lotu o 180°.



Połączenie 2 wywrotów w pionie daje w sumie coś w rodzaju leżącej ósemki w płaszczyźnie pionowej.

Wykonanie dwóch wywrotów jeden po drugim nie nastręcza trudności, ponieważ po wykonaniu tej figury otrzymujemy dużą prędkość, co sprzyja wprowadzeniu szybowca do następnego wywrotu w pionie.



Pewną analogię do wywrotu w pionie stanowi figura powstała z połączenia ¾ pętli z półbeczką sterowaną lub z półbeczką szybką wykonaną również w pionie jednak w kierunku ziemi.

Wprowadzamy szybowiec jak do normalnej pętli i już po przejściu szczytowego położenia wykonujemy w kierunku pio-

nowym półbeczkę, po której wyprowadzamy szybowiec tak samo jak z normalnego nurkowania.

Odwrócenie szybowca musi być wykonane szybko, bowiem lecąc pionowo w dół nabieramy dość znacznej prędkości. Najczęściej spotykanym błędem jest wadliwa ocena pionu.

Zbyt wczesne rozpoczęcie odwracania szybowca da nam coś w rodzaju zawrotu „pod horyzontem", a zbyt późne odwrócenie da po wyprowadzeniu nurkowanie w locie odwróconym i w związku z tym dużą prędkość po dojściu do lotu poziomego.

*
* *

Podobnie jak dwa wykonane jeden po drugim wywroty w pionie, tak i dwie wyżej opisane figury dadzą po ich „złożeniu" również pewien rodzaj leżącej ósemki w płaszczyźnie pionowej.

I tu również zachodzi korzystna sytuacja, ponieważ prędkość uzyskana po wykonaniu pierwszej figury w zupełności wystarcza do wykonania drugiej.

*
* *

Każdą prawie figurę akrobacji można wykonać również w locie odwróconym. Np. przewrót odwrócony będzie to połączenie pierwszej ćwiartki pętli zewnętrznej z lotu odwróconego z drugą ćwiartką takiej samej pętli z lotu normalnego. Jednak nie to będzie tematem naszych dalszych rozważań.

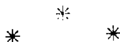
Będziemy rozpatrywać przewrót „składany", który jest połączeniem pierwszej połowy przewrotu normalnego z drugą połową przewrotu odwróconego lub też pierwszej połowy przewrotu odwróconego z drugą połową przewrotu normalnego.

Zasada wykonania przewrotu składanego jest prosta. Wprowadzamy szybowiec tak jak do normalnego przewrotu i po wykonaniu obrotu u szczytu figury, przez zdecydowane „oddanie" drążka przechodzimy do lotu odwróconego. Jeśli natomiast

zaczynamy z lotu odwróconego, to pierwsza faza lotu jest rodzajem odwróconej „ćwierćpętli", z której przechodzimy do pionowego wznoszenia, a sam obrót szybowca dookoła jego osi pionowej i wyprowadzenie do lotu normalnego wykonujemy tak jak w przewrocie normalnym.

Widać z powyższego, że przewrót składany może być z powodzeniem stosowany przez zaawansowanych pilotów jako sposób wprowadzania szybowca do lotu odwróconego lub wyprowadzania go z tego położenia.

Wykonywaniu przewrotów składanych sprzyja fakt, że nie dają one zmiany kierunku, a zatem robimy je ciągle w stronę tego samego, obranego na horyzoncie punktu, co jest — zwłaszcza dla uczącego się — dużym ułatwieniem.



Połączenie sterowanych beczek w nieprzerwany lot po obwodzie koła stanowi również figurę bardzo efektowną. Jest ona jednak tyle efektowna co i trudna. Stosunkowo najłatwiej zatoczyć krąg beczkami wykonywanymi w tym samym co krąg kierunku, a więc beczkami w lewo krąg lewy i odwrotnie. Znacznie trudniej przedstawia się już sprawa z kręgiem zataczanym beczkami robionymi na zewnątrz, czyli w prawo przy kręgu lewym i przeciwnie. Prawdziwe mistrzostwo akrobacji można jednak wykazać w ewolucji jeszcze bardziej skomplikowanej, jaką jest krąg zataczany beczkami sterowanymi na przemian do wewnątrz i na zewnątrz kręgu, a więc jedna w prawo, jedna w lewo.

Połączenie to jest bardzo trudne, wygląda jednak pięknie.

WIĄZANKI

W poprzednich rozdziałach zaznajomiliśmy się z poszczególnymi figurami akrobacji. Każdy z tych rozdziałów był omówieniem jednej figury i jej ewentualnych odmian. Przede

wszystkim jak ona wygląda, potem jakie wymagania wytrzymałościowe stawia szybowcowi, wreszcie w jaki sposób należy ją wykonywać i jakie wiążą się z tym najczęściej spotykane błędy. Wszystko to miało na celu nauczenie się poprawnego wykonywania danej ewolucji.

Na tym jednak nie koniec. Umiejętność poprawnego wykonywania poszczególnych figur akrobacji to dopiero pierwszy etap na drodze doskonalenia się w niej. To dopiero znajomość pewnego rodzaju lotniczego alfabetu, z którego układać będziemy potem poszczególne słowa i wreszcie pełne wyrazu zdanie.

Właściwą umiejętność wykonywania akrobacji posiądziemy dopiero wówczas, gdy poszczególne figury powiążemy w pewną logiczną pod względem pilotażowym całość i potrafimy ją poprawnie wykonać. Całość taką nazywamy właśnie *wiązanką* akrobacji.

Przyglądając się bacznie naszemu repertuarowi figur spostrzeżemy, że dadzą się one podzielić na grupy. Na przykład beczki (sterowana i szybka) oraz lot odwrócony po prostej mają tę wspólną cechę, iż wykonujący je szybowiec cały czas oddala się od miejsca rozpoczęcia ich w kierunku w przybliżeniu ustalonym. Natomiast figury takie, jak przewrót, wywrót i zawrót lub półpętla (normalna czy też odwrócona) dają zmianę kierunku o 180°. Pętla, ślizg na ogon czy korkociąg odbywają się w przybliżeniu nad tym samym miejscem nie dając ani zmiany kierunku, ani też wyraźnego przesunięcia w przód lub w tył czy też na boki. Dalszy podział prowadzi do figur, które rozpoczynamy z dużej lub małej prędkości.

Taki właśnie podział figur ułatwi nam ich dobór przy tworzeniu pewnej logicznej całości. Komponując wiązankę kierujemy się pewnymi od dawna uznanymi i słusznymi zasadami:

1) wszystkie figury wykonujemy po torze ustalonej osi, która w czasie jednej wiązanki nie powinna ulegać zmianom,
2) staramy się całą wiązankę wykonywać nad tym samym, możliwie mało rozległym, miejscem w terenie,

3) figury następują jedna po drugiej i nie są rozdzielone dłuższym wytracaniem prędkości lub rozpędzaniem szybowca,
4) zmian kierunku dokonujemy przez wykonanie odpowiedniej figury, a nigdy przez robienie zakrętu (wyjątek może tu stanowić zakręt w locie odwróconym),
5) nigdy nie wykonujemy kolejno po sobie dwóch takich samych figur, chyba że ich połączenie daje także pewną logiczną całość (ósemka z dwóch wywrotów, dwóch pętli itp.),
6) o jakości wiązanki (pod warunkiem bezbłędnego wykonania poszczególnych jej elementów) decyduje możliwie krótki czas trwania,
7) jeśli akrobację robimy w celach pokazowych, to wykonujemy ją przed — a nie nad publicznością i to w takiej odległości, by akrobację można było swobodnie oglądać bez „zadzierania" głowy. Ponadto patrzący powinien widzieć szybowiec pod stałym w przybliżeniu kątem, tzn. jeśli szybowiec jest jeszcze wysoko, powinien być równocześnie dalej, jeśli jest już nisko — powinien być także bliżej widza.

Nie podajemy konkretnych pełnych wiązanek, pozostawiając to indywidualnej (oby jak najbardziej twórczej) fantazji pilotów. Dla przykładu wymienimy tylko kilka kolejno następujących po sobie figur, spełniających założenia zawarte w punktach od 1) do 5) niniejszego rozdziału: Wywrót szybki, sterowana beczka, zawrót, pętla odwrócona (w dół), korkociąg przekładany (2 zwitki) przewrót, ślizg na ogon itd.

Tego rodzaju układ wiązanek akrobacji szybowcowej czyni je zwartymi i ciekawymi. Jeśli do tego dojdzie jeszcze odpowiednia prawidłowość pilotażowa wykonywanej przez nas wiązanki, możemy być pewni, że będzie ona i efektowna. To jednak zależy już od osobistego treningu.

SPIS TREŚCI.